RECHERCHES

SUR LES

CAUSES DU MOUVEMENT DU SANG

DANS LES VAISSEAUX CAPILLAIRES.

PAR LE Dr POISEUILLE,

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ PHILOMATIQUE DE PARIS,
CORRESPONDANT
DE LA SOCIÉTÉ DE MÉDECINE DE SUÈDE, DE CELLE DE BERLIN, DE BRESLAU, ETC.

CE MÉMOIRE
A REMPORTÉ LE PRIX DE PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE.

ACADÉMIE DES SCIENCES,
SÉANCE PUBLIQUE DU 28 DÉCEMBRE 1835.

Ce Mémoire, qui est extrait du tome VII des Savants étrangers, a été déposé à l'Institut, pour le concours de physiologie expérimentale, en mars 1835; il en a paru nne analyse très-succincte dans les journaux scientifiques, en mai, et dans le compte rendu de la séance publique de l'Académie des Sciences du 28 décembre 1835. Depuis, quelques physiologistes s'occupant du même sujet ont publié des travaux, dont les uns viennent à l'appui de certains points de la science que nous avons établis, dont les autres y sont opposés, ou donnent à quelques-uns des faits que nous avons observés une tout autre interprétation que la nôtre. Le lecteur trouvera à la fin du Mémoire, aux renvois (*a*), (*b*), (*c*), notre réponse à ces derniers travaux.

RECHERCHES

SUR LES

CAUSES DU MOUVEMENT DU SANG

DANS LES VAISSEAUX CAPILLAIRES.

PAR LE Dr POISEUILLE,
ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE.

(CE MÉMOIRE A REMPORTÉ LE PRIX DE PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE.
SÉANCE PUBLIQUE DU 28 DÉCEMBRE 1835.)

Le sang, qui, dans les vertébrés, à l'œil nu ou armé d'une loupe, paraît d'un rouge homogène, n'a pas le même aspect au microscope; on y distingue alors deux parties : l'une, transparente, légèrement rosée et liquide, c'est le sérum; l'autre, solide, se trouve formée, suivant Leuwenhoeck, ainsi que nous l'avons vu et vérifié nous-même, dans le cas où la circulation se fait avec lenteur, ou bien d'après le procédé indiqué par M. J. Muller [1], de disques circulaires ou elliptiques, qu'on pourrait appeler comme ce dernier, corpuscules sanguins, mais que uous continuerons de désigner sous le nom de globules, pour nous conformer à l'usage. C'est à l'opacité des globules nageant au milieu du sérum transparent,

[1] Annales de chimie et de physique de Berlin, 1832; *Observations pour servir à l'histoire de la lymphe, du sang et du chyle.*

qu'on doit d'apercevoir au microscope la circulation dans les vaisseaux, quand toutefois leurs parois sont assez minces pour laisser traverser la lumière.

Au microscope, les artères se distinguent des veines en ce que, toutes choses égales d'ailleurs, les globules s'y meuvent des troncs vers les branches, des branches vers les rameaux; c'est le contraire pour les veines: très-souvent aussi les artères sont d'un plus petit calibre que les veines.

Nous entendons par *capillaires,* les petits vaisseaux qui terminent les artères, et donnent naissance aux veines; ces vaisseaux, vus au microscope, ainsi que nous les offrent les animaux des quatre classes des vertébrés, tout en se divisant et se réunissant, pour former ordinairement une sorte de réseau, conservent le même calibre; ils ne donnent passage qu'à quelques globules à la fois, le plus souvent qu'à un seul. (Voyez fig. 1, Pl. I; et fig. 1, Pl. II.) Dans quelques organes, tels que les branchies, les poumons des salamandres et des grenouilles, les capillaires apparaissent sous forme de canaux creusés dans l'épaisseur des tissus. (Voyez fig. 1 et 2, Pl. II.)

Partout, dans les mammifères, les oiseaux, les reptiles et les poissons, le sang passe des dernières divisions des artères dans les racines des veines à travers les vaisseaux capillaires, ainsi qu'on peut s'en convaincre en examinant la membrane natatoire (voyez fig. 1, Pl. IV) et les poumons de la grenouille, les branchies et les poumons de la salamandre (voyez fig. 1 et 2, Pl. II) et la vessie de très-jeunes rats (voyez fig. 1, Pl. III), où l'on distingue facilement un système de vaisseaux capillaires, *intermédiaire* à une artère et à la veine correspondante [1].

La vitesse des globules dans les capillaires est généralement moindre que dans les artères et les veines; cette remarque s'étend

[1] Si, comme nous sommes porté à le croire, il n'y a de vaisseaux sanguins que ceux dans lesquels on distingue des globules, il faut admettre que les espaces considérables qui séparent les vaisseaux capillaires sanguins prennent, par imbibition, du sang qui leur est apporté par les capillaires, les matériaux nécessaires à leur nutrition.

aussi à un vaisseau capillaire qui naît immédiatement d'une artère ou qui se rend directement dans un tronc veineux. Dans les veines la vitesse est ordinairement un peu moindre que dans les artères[1]. Haller[2] et Spallanzani[3] sont loin d'être d'accord sur les vitesses relatives du sang dans ces trois ordres de vaisseaux.

Lorsqu'on examine le cours des globules sanguins dans les capillaires, on voit ces globules, et cela dans le même vaisseau, doués de vitesses très-différentes : les uns offrent simultanément deux mouvements, l'un de rotation, l'autre de translation ; d'autres sont momentanément en repos : deux globules présentant d'abord la même vitesse ne conservent qu'accidentellement la distance qui les sépare, et si la vitesse du sang permet de suivre le même globule, on le voit dans le même vaisseau capillaire offrir quelquefois ces différentes phases de mouvements.

Ces phénomènes divers de mouvements porteraient à penser que les globules sont doués d'un mouvement spontané, ou bien que la cause du cours du sang, dans les capillaires, est différente de la cause unique qui préside au mouvement de ce liquide dans les gros vaisseaux.

Nous avons dû, dans l'examen de cette question, étudier avec la plus scrupuleuse attention les causes auxquelles étaient attribués les mouvements du sang dans les parties isolées de l'action du cœur par une ligature, ou séparées du corps par un instrument tranchant ; et ensuite déterminer quelle est l'influence du cœur et des artères sur la circulation capillaire[4]. Ces matières feront l'objet

[1] La petite différence qui existe entre les vitesses du sang, considérées dans les vaisseaux capillaires, les artères et les veines, en supposant que cette différence ne dépendît que de l'étendue relative de ces trois systèmes, nous porterait à penser, contre l'opinion des iatro-mathématiciens, que l'arbre artériel ne formerait pas, par son ensemble, un *cône*, dont le *sommet* est à la naissance de l'aorte et la *base* aux vaisseaux capillaires, mais bien un *cône tronqué*, dont la petite base correspondrait au cœur, et la grande aux capillaires. Nous ne serions pas surpris qu'on rencontrât peu de différence entre les diamètres de ces deux bases ; nous ferons la même remarque pour l'arbre veineux.

[2] Mémoire 1er, *sur la circulation du sang*, p. 47. Lausanne, 1756.

[3] *Expériences sur la circulation, etc.* traduit par J. Tourdes, p. 267, 18e résultat. Paris, an VIII.

[4] Les résultats que nous ont donnés les observations microscopiques, sur ce point de la

des deux premiers chapitres; le troisième sera consacré à l'examen de la cause des mouvements singuliers des globules dont il vient d'être question dans les capillaires.

Les animaux qui nous ont servi dans ces recherches sont, parmi les batraciens, la grenouille verte (*rana esculenta*, Linn.), la grenouille rousse (*rana temporaria*, Linn.), et leurs têtards; le crapaud commun (*rana Bufo*, Linn.), les salamandres aquatiques et leurs têtards (*salamandra cristata, salam. punctata*, Latr. *salamandra exigua*, Rusconi); et parmi les mammifères, la souris blanche (*mus, musculus*, Linn.), de très-jeunes surmulots (*mus decumanus*, Linn.) et de très-jeunes chats domestiques (*felis catus*, Linn.). Les observations sur les mammifères ont été faites à une température de vingt à trente degrés centigrades.

CHAPITRE PREMIER.

EXAMEN DU MOUVEMENT DU SANG DANS LES PARTIES ISOLÉES DE L'ACTION DU CŒUR PAR UNE LIGATURE, OU SÉPARÉES DU CORPS PAR UN INSTRUMENT TRANCHANT.

§ Ier. — Le calibre que présentent les artères et les veines est dû à la pression du sang qu'elles charrient; leurs parois sont incessamment distendues par le sang qu'elles reçoivent : ces vaisseaux reviennent subitement sur eux-mêmes, par suite de l'élasticité de leurs parois, dès que la cause qui les dilate cesse d'agir. Les troncs artériels et veineux, ainsi que *les petites artères et veines*, partagent cette propriété; mais, en outre, ces dernières, lorsqu'elles ne reçoivent plus de sang, reviennent peu à peu sur elles-mêmes, et la diminution de leur diamètre continue d'avoir lieu pendant un temps plus ou moins long.

Nous avons vu que les artères augmentent de volume à chaque contraction du ventricule[1]. Nous avons aussi établi que, dans la systole du cœur, la pression du sang contenu dans ces vaisseaux

science, sont les mêmes que ceux consignés dans la deuxième partie de notre Mémoire sur la circulation veineuse, mais obtenus par des moyens d'investigation tout à fait différents.

[1] Physiologie de M. Magendie, et *Recherches sur l'action des artères dans la circulation artérielle.* (*Journal de physiologie* de Magendie, t. IX, p. 44.)

est plus considérable que dans la diastole [1]; ainsi le plus grand calibre des artères correspond au maximum de pression du sang qu'elles contiennent.

Nous savons que si l'on isole, à l'aide de deux ligatures, sur un animal vivant, un cheval, par exemple, un segment de carotide, de la longueur d'un décimètre environ, la seconde ligature ayant été placée entre la première et le cœur; et qu'ensuite on y fasse une ponction avec une lancette, le segment revient subitement sur lui-même, à tel point qu'il ne contient presque plus de sang: ce phénomène est dû à l'élasticité des parois de l'artère, élasticité mise en jeu par le sang lancé par le cœur; mais ce retrait n'est qu'instantané, car si, avec un compas d'épaisseur, on mesure le diamètre du segment artériel ainsi vide de sang, on le trouve à la vérité plus petit qu'avant la ponction, mais cette diminution, donnée par un vaisseau de dix millimètres de diamètre, n'est pas même d'un millimètre, un dixième du diamètre primitif, et le vaisseau ne continue pas de diminuer de diamètre après la sortie du sang: son calibre reste constant pendant des heures entières.

Nous avons pris un segment d'aorte postérieure d'une forte grenouille, de douze millimètres de longueur; nous l'avons circonscrit entre deux ligatures, la seconde ligature étant appliquée entre le cœur et la première, et l'ayant mis sur le porte-objet du microscope, nous avons coupé l'une des extrémités; après la sortie d'une grande quantité de sang, il a offert un volume plus petit, mais qui n'a pas varié dans les deux heures suivantes.

Il en est autrement des *divisions et subdivisions artérielles* lorsqu'on les soustrait à l'action du cœur, c'est-à-dire lorsqu'elles ne reçoivent plus l'ondée de sang incessamment lancée par cet organe; elles continuent de diminuer de diamètre, ainsi qu'on va le voir dans les vaisseaux artériels des mésentères de la grenouille, de la salamandre, de la souris, etc.

Le moyen qui nous a paru le plus convenable pour soustraire,

[1] *Recherches sur la force du cœur aortique.* (*Journal de physiologie*, t. VIII, p. 272.)

sur le vivant, à l'action du cœur, un segment d'artère, a été d'appliquer sur le vaisseau, de petits corps qui par leur poids pussent seulement intercepter le cours du sang, sans altérer en aucune manière les parois de l'artère, ni s'opposer à la sortie du sang de l'intérieur du segment, dans le cas où le vaisseau reviendrait sur lui-même.

Les petits corps dont nous nous sommes servi sont des cylindres elliptiques de platine, de quatre millimètres de hauteur, et dont la base a de trois à quatre millimètres de diamètre.

EXPÉRIENCES PREMIÈRES.

a. On fixe une grenouille sur une lame de liége, à l'aide d'épingles traversant les membres antérieurs et postérieurs, et on fait une large incision aux téguments et aux muscles de la paroi inférieure de l'abdomen, les intestins font hernie; on dispose une grande anse sur une lame de verre, et la faible adhérence qui s'établit, entre le verre et le mésentère, par la présence de la sérosité péritonéale, suffit ordinairement pour maintenir les parties dans une position fixe; on place le mésentère, ainsi préparé et horizontal, sur le porte-objet du microscope : la circulation se fait très-bien dans les artères, les capillaires et les veines.

On applique deux cylindres de platine C, C' (fig. 1, Pl. I) sur une artère et une veine voisines; les cylindres sont distants l'un de l'autre d'au moins un centimètre. — D'abord, immobilité des globules dans les segments artériel et veineux. — Un mouvement des globules, d'une lenteur extrême, se fait bientôt dans l'artère; quelques globules passent du segment de l'artère vers l'extrémité A; en B, les globules conservent leur immobilité. — Dix minutes se sont à peine écoulées, que l'artère entre les cylindres présente déjà un calibre plus petit qu'au delà des deux obstacles. — Cette diminution, dans les vingt minutes suivantes, devient de plus en plus manifeste, de telle sorte qu'au bout de trente minutes environ, le diamètre du segment artériel n'a plus que les trois cinquièmes

de son diamètre primitif (fig. 2, Pl. I). Quant au segment veineux il a aussi diminué de volume, mais beaucoup moins que l'artère ; les deux segments paraissent stationnaires au bout de ce temps, ils ne varient pas de diamètre dans les trente-cinq minutes suivantes. — On remarque moins de globules dans le segment artériel qu'au delà des obstacles ; quelquefois on ne voit point sortir de globules des segments artériels et veineux, mais alors nous pensons qu'il y a absorption du sérum du sang par les parois vasculaires, absorption facilitée par le retrait même du vaisseau. — On enlève les deux cylindres de platine, la circulation se rétablit, et dans l'artère et dans la veine. — D'abord le segment d'artère ne paraît pas augmenter de calibre dans les deux premières minutes ; mais au bout de dix minutes la différence entre son diamètre et celui des points A et B est un peu moindre ; le diamètre du segment augmente alors de plus en plus, au fur et à mesure qu'une plus grande quantité de sang le traverse. — Cependant une heure s'est écoulée, et le segment artériel présente encore un diamètre plus petit ; ce n'est qu'au bout de deux heures qu'il récupère son diamètre primitif. Le segment de veine, qui a très-peu diminué de volume, conserve longtemps son moindre volume, même après ces deux heures.

Remarquons en passant qu'au moment où on a enlevé les obstacles, les globules qui se meuvent dans la partie G rétrécie de l'artère (fig. 2) ont une vitesse beaucoup plus considérable qu'en A et B ; c'est le contraire quand le vaisseau est dilaté : ainsi, voulant placer le cylindre de platine sur une artère, si on le laisse tomber sur le vaisseau, les parois sont contuses ; elles offrent en ce point moins de résistance, elles cèdent ; il se forme un anévrisme vrai (fig. 2, Pl. V) ; et dans la partie A B les globules se meuvent avec une moins grande vitesse qu'en C et D. Ces dernières remarques touchant la vitesse des globules allant d'un lieu plus large dans un plus étroit, et réciproquement, ont été faites par Haller [1], puis par Spallanzani [2].

[1] L. C. p. 55.

[2] L. C. vingtième expérience, p. 144.

6. Au lieu de grenouilles on prend des salamandres, et les observations que nous venons de faire sur la diminution lente et progressive du diamètre de l'artère entre les obstacles, sur le rétablissement progressif du calibre du vaisseau quand on les a enlevés, se vérifient de nouveau; la diminution du diamètre des veines est aussi beaucoup moins considérable que celle qui est donnée par les artères.

γ. La diminution du diamètre des artères et des veines a aussi lieu lorsque, dans la préparation d'un mésentère, la circulation y a été suspendue accidentellement pendant un certain temps.

δ. Lorsque la circulation vient d'être rétablie dans les segments d'artère, il arrive quelquefois que certains points de leur étendue cèdent plus vite à l'effort du sang lancé par le cœur que le reste du segment: ainsi, dans les dix premières minutes, le segment d'artère offre la forme représentée par la fig. 3, pl. V, et les remarques de Haller et de Spallanzani se vérifient alors facilement. Mais le sang continuant de traverser l'artère, le calibre du segment augmente de plus en plus, et les points A et B n'offrent plus rien de particulier.

ε. On agit de la même manière sur une artère et une veine du mésentère d'une souris âgée de quinze à vingt jours; ici le segment d'artère revient tellement sur lui-même qu'il n'a, au bout de vingt-cinq minutes, que les deux tiers de son diamètre primitif, et pendant plus d'une heure ce retrait continue; alors le diamètre est réduit à la moitié; c'est-à-dire que le calibre de l'artère est devenu quatre fois plus petit. — On enlève les cylindres, l'artère augmente de volume, et quoique le sang y passe depuis plus d'une heure, le segment artériel n'a encore que les trois quarts du diamètre qu'il avait d'abord. Les veines, comme dans les batraciens, ne reviennent que très-peu sur elles-mêmes, quand elles cessent d'être perméables au sang, comparativement au retrait qu'offrent les artères.

ζ. Il arrive même, mais c'est assez rare, qu'un seul cylindre empêchant le sang de passer dans une artère, elle se rétrécit de plus

en plus dans le point qui correspond à l'obstacle, et le rétrécissement a lieu, au-dessus et au-dessous du cylindre, dans une assez grande étendue, ainsi que l'offre la figure 4 : du reste, ce rétrécissement disparaît peu à peu, au fur et à mesure du passage du sang au sein de l'artère.

η. Cette propriété qu'ont les branches et les rameaux des artères de revenir sur eux-mêmes est tellement prononcée qu'il nous est arrivé de voir tout le système artériel du mésentère diminuer de calibre, en l'absence des contractions du cœur, chez la grenouille. — Ainsi, le mésentère d'une grenouille préparé comme précédemment, l'animal fait des efforts pour se débarrasser des épingles qui le tiennent fixé sur le liége; au même instant les contractions du cœur sont suspendues, le cœur cesse de lancer du sang dans les artères; on voit alors le cours du sang dans les vaisseaux devenir *rétrograde* par suite du retrait des branches et rameaux artériels, puisqu'en effet les artères présentent alors un moindre volume: les contractions du cœur se rétablissant, la circulation dans les artères reprend son sens normal, et ces vaisseaux récupèrent peu à pen leur volume primitif.

EXPÉRIENCES DEUXIÈMES.

α. On sépare d'une très-forte grcnouille vivante, à l'aide d'un bistouri, l'intestin et la plus grande partie du mésentère, étalé préalablement sur deux lames de verre DE, FG (voyez fig. 1, Pl. V) horizontalement placées; ce mésentère a environ vingt-cinq centimètres carrés de surface; les artères et les veines sont d'une grosseur remarquable. — Le sang, après la séparation de l'intestin et du mésentère, est immobile dans les capillaires; il rétrograde dans les artères, et conserve son mouvement normal dans les veines, mais avec une vitesse un peu plus grande. — Au bout de quelques minutes, repos absolu dans tous les vaisseaux. — Nous soulevons une veine, et avec des ciseaux nous en enlevons une petite portion du côté de la section du mésentère; aussitôt le mou-

vement se rétablit dans les vaisseaux, le sang coule de nouveau par l'extrémité amputée, jusqu'à ce qu'il se soit formé un caillot. Le même phénomène de mouvement est offert par une artère lorsqu'on rafraîchit son extrémité libre. — Les artères et les veines présentent un calibre beaucoup plus petit.

Tout mouvement a cessé dans le mésentère : alors on soulève avec une pince la portion LMN d'intestin, et on l'enlève, à l'aide de ciseaux, avec le mésentère qui lui est adhérent, ainsi que la lame de verre FG. — Dans les artères et les veines les globules se meuvent des troncs vers les branches, en sens opposé au cœur, et les vaisseaux laissent écouler une certaine quantité de sang par cette nouvelle ouverture. — Des caillots se forment à leurs orifices, et le repos succède au mouvement. — On résèque une nouvelle partie des artères et des veines, soit à leurs extrémités cardiaques, soit à leurs extrémités intestinales, et toujours nouvel écoulement de sang par l'ouverture nouvellement pratiquée. Ces mouvements ne cessent que lorsque les vaisseaux, dont le volume est beaucoup diminué, ne contiennent plus qu'une très-petite quantité de sang, qui y est retenue par son adhérence à leurs parois.

6. Cette expérience, faite sur les mésentères de souris et de très-jeunes rats, a offert les mêmes résultats. Le retrait des parois des vaisseaux vers leur axe est ici si prononcé, qu'un certain nombre d'artères et de veines n'ont plus qu'un diamètre moitié de leur diamètre primitif; dans quelques artères il est diminué des deux tiers.

Ainsi l'écoulement du sang, à la suite des ouvertures pratiquées aux vaisseaux, ne résulte pas seulement, comme on aurait pu le penser, de leur affaissement, mais de cette propriété en vertu de laquelle ils reviennent sur eux-mêmes de manière à n'offrir que le quart, le neuvième de leur premier volume.

La figure 5, Pl. V, représente une artère et une veine du mésentère d'une souris; après que tout mouvement a cessé, on peut facilement se convaincre de la faculté qu'ont les vaisseaux de se ré-

trécir; ainsi ils ne sont pas revenus sur eux-mêmes dans toute leur étendue; ils offrent çà et là des renflements A, B, C, D, E, etc. où se trouvent accumulées des masses de globules, parce qu'en ces divers points le sang, à demi coagulé, a offert une résistance au retrait des vaisseaux.

γ. La diminution du diamètre des vaisseaux est plus grande ici que dans les expériences précédentes (expér. 1[res]), attendu que par la résection des artères et des veines le sang n'offre plus, en ces points, qu'une pression égale à celle de l'atmosphère; il oppose alors moins de résistance au retrait des parois vasculaires vers leur axe.

En nous appuyant sur les faits précédents, l'interprétation de l'écoulement du sang par une ouverture pratiquée à un vaisseau, et qui a occupé Haller et Spallanzani, se présente naturellement[1], ainsi que nous le verrons bientôt.

Ce retrait, dont nous parlons, est d'autant plus sensible dans les grenouilles et les salamandres que ces animaux sont bien portants, qu'ils n'ont pas supporté une abstinence trop prolongée, comme il arrive quand on les a relégués dans les laboratoires depuis un certain temps.

Ainsi, lorsque les petites artères cessent de recevoir du sang, elles reviennent sur elles-mêmes; cette diminution de diamètre n'est pas subite, instantanée, comme cela a lieu dans les gros troncs, en vertu de l'élasticité de leurs parois: mais elle se fait lentement et pendant un temps plus ou moins long. La même

[1] Spallanzani, en cherchant à se rendre compte du courant sanguin vers l'ouverture des vaisseaux, voulut s'assurer, après avoir vainement invoqué l'irritation nerveuse (L. C. p. 338), si, au moment de l'écoulement, les vaisseaux diminuaient de diamètre, comme l'avait supposé Haller: ses expériences 135, 136, 137, 138, 139 (3[e] dissertation) vinrent, en effet, confirmer cette hypothèse du célèbre physiologiste de Berne, lorsque les expériences 140, 141, 142, 143, 144 et 145 détruisirent les conséquences des premières. Sans nous arrêter ici sur les résultats différents obtenus par Spallanzani, différence qui pouvait tenir soit à l'état des animaux, soit à l'étendue plus ou moins grande des ouvertures pratiquées au cœur ou aux vaisseaux, ou bien à l'imperfection des moyens d'investigation dont il faisait usage, rappelons que Haller, ne s'appuyant pas sur cette circonstance, que la pression du sang dans les vaisseaux est plus grande que la pression ambiante, avait d'abord attribué la sortie du sang

propriété existe dans les veines du même ordre, mais elle est moins prononcée.

Cette faculté qu'ont les parois des petits vaisseaux de revenir sur elles-mêmes quand elles cessent d'être distendues par le sang n'est pas seulement propre aux tuniques vasculaires; ainsi beaucoup de tissus de l'économie, la peau, les poumons, par exemple, l'offrent d'une manière remarquable. Nous croyons que la transformation en ligaments, des artères circonscrites par des ligatures, de l'ouraque, des artères et veines ombilicales, du canal artériel, etc. reconnaissent la même cause (*a*).

Cette propriété bien établie, nous allons passer en revue quelques expériences de circulation, dont les unes sont restées sans explication, dont les autres ont conduit certains auteurs à créer des causes de mouvement tout à fait imaginaires; en même temps nous rapporterons de nouvelles expériences, qui nous aideront à combattre ces prétendues causes, et à justifier la circulation harveyenne.

§ II. — Examen du mouvement du sang dans une partie isolée de l'action du cœur par une ligature, ou séparée du corps par un instrument tranchant.

EXPÉRIENCE TROISIÈME.

On prépare l'artère et la veine crurales d'une forte grenouille, dans l'étendue de deux centimètres environ; on dissèque aussi le nerf sciatique, et, ces trois organes parfaitement isolés, on passe

par l'ouverture faite à un vaisseau, à une tendance qu'auraient les globules à se porter à l'endroit où ils sont en plus grand nombre, en vertu d'une attraction réciproque de ces corpuscules (L. C. p. 161); abandonnant cette idée, il avait adopté hypothétiquement une contraction invisible des vaisseaux (L. C. p. 163). Les expériences de Spallanzani, comme on vient de le voir, ne justifièrent qu'en partie cette prévision; aussi dit-il avec cette candeur qui caractérise l'amour de la vérité : « Mais si les causes que nous avons énumérées sont gra« tuites, insuffisantes ou mensongères, quelle théorie faudra-t-il admettre? J'aime mieux « avouer mon ignorance qu'embrasser un système qui ne s'accorderait pas entièrement avec « les lois établies par la nature. » (*Expériences sur la circulation*, p. 387.)

dans les chairs de la cuisse une aiguille à fil double, de sorte qu'en faisant revenir les fils de chaque côté du membre on a deux ligatures qui comprennent toutes les parties de la cuisse, à l'exception des vaisseaux et nerf cruraux; une ligature d'attente est appliquée et sur l'artère et sur la veine. On attache un fil à l'extrémité de chaque doigt de la patte correspondante, afin de pouvoir examiner la circulation dans les espaces interdigitaux, sans la modifier en aucune manière, comme il arrive, par l'emploi des épingles. La grenouille fixée sur une lame de liége, et la patte mise sous l'objectif du microscope, on serre fortement les ligatures qui comprennent l'os et et les muscles cruraux; on est alors certain que la circulation dans la patte ne se fait que par les vaisseaux préparés. —La circulation dans les artères, les capillaires et les veines, a lieu comme avant la préparation du membre; quelquefois il y a des saccades; les globules se meuvent plus vite dans les artères que dans les veines; dans les capillaires la vitesse est moindre que dans ces deux ordres de vaisseaux; dans quelques-uns cependant elle est tantôt plus petite, tantôt plus grande, par des raisons qui ne doivent pas nous occuper maintenant. On considère d'une manière particulière une artère et une veine de la membrane natatoire soumise à l'investigation. — On intercepte le cours du sang *dans l'artère* en laissant libre la veine; aussitôt la vitesse des globules dans l'artère, les capillaires et la veine de l'espace interdigital, est diminuée; les globules se meuvent lentement, mais d'un mouvement continu, sans saccades, de l'artère aux capillaires, de ces derniers à la veine; quelques capillaires n'offreut pas de circulation: ce mouvement des globules devient de plus en plus leut, et cesse tout à fait au bout de trois minutes et demie. Ce repos complet des globules s'est fait attendre cinq minutes, et même douze minutes chez d'autres grenouilles. *L'artère crurale au-dessous de la ligature est d'un diamètre moitié moindre que celui du bout supérieur, au-dessus de la ligature.*—On cesse de comprimer l'artère crurale, et aussitôt chaque globule des artères, des capillaires et des veines, qui tout à l'heure était dans un repos

complet, part comme une flèche, poussé par le sang que vient de lancer le cœur à travers l'artère crurale.

Cette expérience rappelle celle de M. Magendie, faite sur la cuisse d'un chien [1].

Remarque. Nous venons de voir un mouvement des globules, dans les vaisseaux de la membrane natatoire, après avoir lié l'artère crurale, et par conséquent après avoir soustrait à l'action du cœur le sang contenu dans cette artère; ce mouvement, qui n'est pas saccadé, et qui devient de plus en plus lent, est produit, en nous appuyant sur les faits du paragraphe précédent, par le retrait de l'artère au-dessous de la ligature, et non, comme le pensent quelques physiologistes, et en particulier MM. Dœllinger [2] et Kaltenbrunner [3], à une force inhérente aux globules, qui les porterait des artères vers les veines à travers le système capillaire, ou à une force d'aspiration des vaisseaux capillaires, comme le veulent les docteurs Schultz [4] et Hugh L. Hodge [5], d'après Bichat. Mais nous allons revenir sur ces diverses hypothèses, qu'admettent encore quelques physiologistes français, et nous espérons démontrer toute leur nullité.

EXPÉRIENCE QUATRIÈME.

La cuisse et la patte d'une forte grenouille ayant été préparées ainsi que nous venons de le dire précédemment, les ligatures comprenant l'os et les muscles cruraux ayant été appliquées: on intercepte le cours du sang dans la veine crurale; aussitôt la progression des globules dans les vaisseaux de l'espace interdigital qu'on examine se fait par saccades; à cette progression saccadée, qui ne dure que quelques secondes (seulement le temps qu'exige la veine pour atteindre son maximum de volume), succède un mouvement

[1] *Précis élémentaire de physiologie*, 2e édit. t. II, p. 391.
[2] *Journal des Progrès*, t. IX, p. 26 et 33.
[3] *Idem*, t. IX, p. 45.
[4] *Idem*, t. VII, p. 74 et 78.
[5] *Idem*, t. XIII, p. 51.

de *va et vient* des globules : il n'y a plus progression, mais bien oscillations des globules. Ces oscillations dont l'amplitude, d'abord d'une longueur de cinq globules, n'est bientôt plus que de deux, conservent identiquement le même rhythme, et dans l'artère, les capillaires et la veine de l'espace interdigital. Ces oscillations ont lieu pendant tout le temps que la veine est comprimée ; leur nombre est de quarante-six par minute.

En même temps qu'on comprime la veine crurale, on intercepte aussi le cours du sang dans l'artère crurale; le mouvement oscillatoire cesse aussitôt; il y a repos des globules dans l'artère, les capillaires et la veine de la patte; on laisse libre l'artère crurale, et les oscillations recommencent avec la même amplitude dans ces trois ordres de vaisseaux, comme précédemment.

On découvre le cœur de la grenouille; on compte *aussitôt* le nombre des contractions du ventricule; il en donne cent quatre-vingt-six en quatre minutes, c'est-à-dire, quarante-six en une minute.

Remarque. Les oscillations des globules sont produites, d'une part, par le cœur qui pousse le sang dans le système artériel, les capillaires et les veines; d'autre part, par le retrait des artères et des veines, qui viennent d'être dilatées par l'ondée de sang lancée par le cœur; retrait qui détermine un mouvement rétrograde par la présence de la ligature appliquée à la veine.

Les expériences suivantes nous confirmeront, s'il en est besoin, dans cette manière de voir.

EXPÉRIENCE CINQUIÈME.

Un membre postérieur d'une grosse grenouille ayant été préparé comme précédemment, la circulation dans le membre se fait par le secours seul de l'artère et de la veine crurales. — *On lie en même temps ces deux vaisseaux;* sur-le-champ les globules, dans la plupart des capillaires de la patte, n'offrent plus de mouvement; dans quelques-uns de ces vaisseaux ils présentent un

mouvement très-lent, et l'on observe un mouvement du même genre dans les globules de quelques artères et de quelques veines; ce mouvement continu, mais non saccadé, diminue de plus en plus, et au bout de deux à dix minutes environ, suivant l'animal, il y a repos absolu. — *On coupe la veine crurale au-dessous de la ligature*, celle de l'artère étant toujours appliquée; aussitôt les globules se meuvent dans la plupart des artères, des capillaires et des veines de la patte. — Ce mouvement s'arrête; on le fait renaître en coupant le bout de la veine, où s'était formé un caillot; une nouvelle quantité de sang sort, et il y a de nouveau mouvement des globules, comme précédemment, des troncs artériels vers les branches, et des branches vers les rameaux, et aussi dans les capillaires et dans les veines; bientôt tout mouvement cesse, et on ne remarque qu'une très-petite quantité de sang dans les artères et les veines de la patte.

EXPÉRIENCES SIXIÈMES.

Nous allons rapporter des expériences du même genre, faites sur le mésentère de la grenouille, et qui auront sur la précédente l'avantage de laisser voir les troncs artériels et veineux.

Après avoir épinglé une grosse grenouille sur une lame de liége, lui avoir ouvert l'abdomen, on dispose sur le porte-objet, maintenu horizontalement, un large mésentère : l'anse intestinale forme environ les deux tiers du petit intestin; on applique une ligature à chaque extrémité de cette anse, *et on comprend dans une autre ligature les troncs artériels et veineux qui y correspondent;* dès que le cours du sang est intercepté, le mouvement des globules cesse dans le plus grand nombre des capillaires, et les artères et les veines sont le siége d'un mouvement continu, non saccadé, dont la lenteur est extrême; ce mouvement persiste pendant quarante-cinq minutes dans cette grenouille, dix-huit minutes dans une autre, trente-trois minutes dans une troisième, et sept dans une quatrième, etc., etc. — On remarque que *le diamètre des artères est notablement diminué; celui des veines est au*

contraire augmenté. — On coupe les troncs *veineux* entre la ligature et l'anse intestinale ; une certaine quantité de sang sort, et le mouvement des globules se rétablit des artères vers les veines, à travers la plupart des vaisseaux capillaires, aussitôt qu'a lieu la section des veines mésentériques; ce mouvement devient de plus en plus lent, et lorsqu'il y a repos, les artères et les veines du mésentère offrent une bien moins grande quantité de sang[1].

Remarque. Lorsqu'on lie les vaisseaux cruraux, ou les troncs des artères et veines mésaraïques, dans les deux dernières expériences, le sang est compris entre deux ligatures; une partie est contenue dans le système artériel, une autre dans le système veineux; ces deux ordres de vaisseaux ne reçoivent plus de sang lancé par le cœur; ils doivent alors revenir sur eux-mêmes; mais ainsi que nous l'avons démontré (paragraphe I[er]), cette tendance est plus développée dans les artères que dans les veines, et, comme le sang est circonscrit de toutes parts, la supériorité du retrait du système artériel sur celui du système veineux doit avoir pour effet de faire passer une certaine quantité de sang des artères dans les veines; de là ce mouvement, très-faible à la vérité, dont nous sommes témoin, et qui a lieu indépendamment de l'action du cœur.

M. Kaltenbrunner[2] et son maître le docteur Dœllinger, pour expliquer ce mouvement du sang des artères vers les veines, dans une partie soustraite à l'action du cœur par une ligature, ressuscitant une opinion surannée de Stevenson, donnent aux globules une force inhérente, qui les porterait des capillaires vers le cœur à travers les veines : voyons si cette hypothèse a une ombre de vraisemblance.

D'abord, cette force inhérente aux globules n'existe nullement quand ils sont hors des vaisseaux ; les mouvements que les globules

[1] Nous n'avons pas parlé d'un mouvement rétrograde des globules dans les veines au moment où on applique la ligature, mouvement dont la durée n'est que de quelques secondes; il est produit par le reflux du sang des veines, des troncs vers les branches, par suite de la diminution de leur calibre dans le point comprimé.

[2] *Journal des Progrès*, t. IX, p. 44 et 45.

affectent, lorsqu'on les met, avec leur sérum ou un certain véhicule, comme de l'eau sucrée ou une dissolution d'hydrochlorate de soude, sur une lame de verre, sont parfaitement expliqués, tantôt par l'action de la pesanteur, tantôt par les phénomènes de la capillarité, lorsque des corps solides se trouvent au sein du véhicule, ou, comme dans les expériences de Haller [1], lorsque le sang sortant des vaisseaux se répand sur le mésentère ou entre ses lames, dans les grenouilles. Par conséquent cette prétendue propriété des globules, que nous n'apercevons pas ici, n'existerait donc que lorsqu'ils n'ont pas quitté les vaisseaux: nous allons voir qu'il n'en est rien.

EXPÉRIENCES SEPTIÈMES.

a. Après avoir disposé sur le porte-objet du microscope le mésentère d'une grenouille, et s'être assuré que la circulation s'y fait très-bien, avec un bistouri on détache du corps de la grenouille, suivant la ligne A B C (voyez fig. 1, Pl. V), l'intestin et la plus grande partie de son mésentère, placés sur le porte-objet maintenu horizontalement. — Les globules dans les capillaires ont cessé de se mouvoir. — Quelques artères ne sont le siége d'aucun mouvement; dans le plus grand nombre, le sang, après avoir conservé son cours normal pendant quelques secondes (ce mouvement vient de la pression opérée sur les vaisseaux par l'instrument tranchant), a une marche rétrograde; il va des rameaux vers les branches, et de celles-ci vers les troncs. — Dans les veines il conserve sa marche naturelle, mais elle est plus vite. — La vitesse du sang dans les artères et les veines devient tout à coup beaucoup moindre, le sang continue de se mouvoir dans ces deux ordres de vaisseaux, mais avec une lenteur qui augmente de plus en plus, de telle sorte qu'au bout d'un temps qui varie de cinq à douze minutes environ, suivant l'animal, il y a repos absolu. — On observe alors que les artères et les veines contiennent une quantité beaucoup moindre de

[1] *Mémoires sur le mouvement du sang*, expériences 216, 218, 225, etc. et p. 339, 340, etc.

sang, et leur calibre a manifestement diminué. Cette diminution est moins prononcée pour les veines que pour les artères; les capillaires ont conservé leur volume.

6. Cette expérience, répétée sur des mésentères de jeunes souris, de très-jeunes rats et de salamandres, nous a donné les mêmes résultats.

Remarque. Le mouvement rétrograde du sang dans les artères, le mouvement naturel de ce fluide dans les veines, après avoir séparé l'intestin et son mésentère du corps de l'animal, s'expliquent parfaitement bien : comme le sang, dans les artères et les veines, est sonmis à nne pression plus grande que celle de l'atmosphère, les parois de ces vaisseaux sont distendues; dans le point de la section, cette pression se trouve tout à coup diminuée; le sang doit donc faire irruption de ce côté: de là le mouvement vite et rétrograde dans les artères, immédiatement après la section, et la vitesse plus grande dans les veines. Ensuite, comme ces vaisseaux ne sont plus dilatés par le sang lancé par le cœur, ils reviennent lentement sur eux-mêmes : de là le faible mouvement qui succède au premier; les vaisseanx se vident alors de la plus grande quantité de sang qu'ils contiennent.

Quand nous voyons les globules des artères avoir une marche rétrograde, où est la force intestine qui les porte des artères vers les veines pour retourner au cœur, où se tronve l'action du système périphérique des capillaires qui forcerait les globules à parcourir le même trajet[1]?

EXPÉRIENCE HUITIÈME.

On place sur le porte-objet horizontal du microscope un large mésentère de grenouille; la circulation s'y fait très-bien : on remarque la disposition des artères et des veines, afin de pouvoir les distinguer les unes des autres sans être aidé par le cours dn sang. Deux épingles (voyez fig. 1, Pl. V) traversant en H et K l'intestin

[1] Le célèbre Haller avait rejeté, comme insoutenable, cette aspiration des capillaires. L. C. p. 342.

grêle, et implantées dans la lame de liége, maintiennent à une distance constante les portions A H et C K de cet intestin. On enlève, à l'aide de ciseaux ou d'un bistouri, la partie L M N de l'intestin et le mésentère qui lui tient immédiatement; alors les artères et veines P, Q, R, S, sont ouvertes à leur extrémité périphérique: on examine aussitôt le mouvement du sang dans les vaisseaux du mésentère, qui tient au corps de l'animal. — Le sang dans les artères conserve son cours naturel; au contraire dans les veines il est rétrograde, c'est-à-dire que les globules s'y meuvent dans un sens opposé au cœur, comme dans les artères; de sorte que, si la vitesse du sang dans ces derniers vaisseaux n'était pas très-considérable, on ne les distinguerait pas des veines. — Un caillot se forme à l'extrémité d'une veine; il n'y a plus d'écoulement; du sang se trouve cependant accumulé dans cette veine, et jamais nous n'avons vu ses globules se diriger vers le cœur; on enlève le caillot, et le sang coule de nouveau vers l'ouverture: il en est de même des artères. Enfin des veines, au-dessous de leurs anastomoses avec les veines voisines, contiennent encore une certaine quantité de sang, et nous n'y voyons pas les globules se porter vers le cœur; et cependant, après qu'une grande partie du sang s'est écoulée par l'extrémité ouverte des veines, que ces vaisseaux sont revenus sur eux-mêmes, les globules qui y restent sont entièrement libres de se porter vers cet organe, et obéiraient à cette force qu'on suppose leur être inhérente, si en effet elle existait. En examinant une de ces veines, nous avons légèrement incliné le porte-objet dans un sens, et en sens opposé, et nous avons été témoin d'un mouvement des globules de cette veine vers l'extrémité la plus déclive; mais le vaisseau étant placé horizontalement, il n'y avait plus de mouvement.

Ainsi l'opinion qui veut que les globules se dirigent spontanément des capillaires vers les veines, pour aller au cœur, c'est-à-dire qu'un globule dans les veines se porte vers cet organe en vertu d'une force qui lui est propre, n'est nullement justifiée par les faits, ce n'est tout simplement qu'une hypothèse.

D'autres auteurs, décorant du nom de circulation le mouvement qui persiste dans les parties séparées du corps d'un animal par un instrument tranchant, et par conséquent hors de l'influence du cœur; et assimilant le mouvement extrêmement lent des globules, qui a lieu dans les premiers temps de la vie embryonnaire, à la circulation capillaire dont il est ici question, refusent au cœur toute action sur le cours du sang dans les capillaires, et soutiennent que le mouvement du sang dans ces vaisseaux est sous l'influence exclusive d'une sorte d'inspiration et d'expiration, ou, ce qui est la même chose, d'une endosmose et d'une exosmose, qui auraient leur siége dans les parois mêmes de ces petits vaisseaux.

Nous allons rapporter quelques expériences analogues à celles qu'invoquent ces auteurs. En nous appuyant sur les faits précédents, on verra qu'elles trouvent naturellement leur explication.

Le lecteur nous pardonnera quelque longueur, en faveur de la vérité que nous voulons établir.

EXPÉRIENCES NEUVIÈMES.

a. Après avoir placé des fils à l'extrémité de chaque doigt d'une patte de grenouille, et l'avoir disposée horizontalement sous l'objectif du microscope, on coupe, à l'aide du bistouri, les muscles et l'os de la cuisse; le membre est ainsi séparé du corps de l'animal. — Tout mouvement a cessé dans les artères et les capillaires de la patte; il continue dans les veines; quelques secondes après, un mouvement rétrograde s'établit dans les artères, de sorte que le sang se meut dans les artères et les veines de la même manière, des branches vers les troncs. — Immobilité dans les vaisseaux capillaires, leur calibre reste invariable. La vitesse des globules dans les artères et les veines diminue de plus en plus, et au bout de quatre minutes environ il y a cessation complète de mouvement dans toute la patte. — Les artères et les veines contiennent une bien moins grande quantité de sang.

б. Sur d'autres grenouilles, au lieu d'amputer la cuisse on

coupe, à l'aide d'un bistouri, le membre à la naissance de la patte, dans le tarse; les phénomènes que nous venons d'exposer, c'est-à-dire la cessation du mouvement dans les capillaires, le mouvement rétrograde des globules dans les artères, et leur cours naturel dans les veines, ont encore lieu; cependant le repos des globules dans les artères et les veines se fait moins attendre. Sur quelques grenouilles tous ces phénomènes durent moins d'une minute; chez certaines il y a mouvement rétrograde dans les artères, repos dans les veines, ou bien repos dans les artères et progression dans les veines: toujours les capillaires sont étrangers à ces mouvements.

γ. Chez d'autres enfin, mais beaucoup plus rarement, dès que la patte est séparée du tronc, tout mouvement cesse dans les artères, les capillaires et les veines.

δ. Quelquefois encore on est témoin de la particularité suivante: au mouvement rétrograde des globules dans l'artère succède un mouvement normal, c'est-à-dire que les globules, dans l'espace digital soumis à l'investigation, se meuvent dans les artères, des troncs vers les branches, et des branches vers les rameaux; et les vaisseaux capillaires correspondants, qui tout à l'heure offraient un repos absolu, participent à ce mouvement. Nous allons revenir sur ce mouvement normal que nous ont présenté quelques artères.

ε. La queue des têtards de grenouilles, séparée du corps de l'animal, nous offre ces mêmes phénomènes, avec la même irrégularité quant aux artères et aux veines; seulement les mouvements sont plus rares, et s'observent un moins long temps; ainsi très-fréquemment tous les vaisseaux de la queue, après qu'elle a été retranchée avec un bistouri ou des ciseaux, ne sont le siége d'aucun mouvement, comme on vient de le voir dans la patte de la grenouille.

ζ. Dans toutes ces expériences la section des vaisseaux a lieu au milieu des parties charnues; alors le bout des vaisseaux s'enfonce dans les chairs, et celles-ci, s'affaissant sur eux, peuvent s'opposer à l'écoulement du sang. Il n'en est pas de même des mésentères de grenouilles, de salamandres, de très-jeunes rats et de souris, dans les expériences septièmes, p. 122; l'inconvénient que nous venons

de signaler n'a plus lieu, et il nous est alors facile de voir l'extrémité amputée des vaisseaux, en même temps que nous examinons leur circulation; aussi voit-on le sang sortir par leurs extrémités, et le mouvement de plus en plus faible des globules correspondre à une sortie de moins en moins abondante du sang de ces mêmes vaisseaux.

η. De même que nous venons de le voir (*δ*) dans la patte de la grenouille et la queue des têtards, nous avons été témoin du phénomène suivant, dans les mésentères de la grenouille, de la salamandre, de la souris et de très-jeunes surmulots.

Après la séparation de l'intestin et du mésentère, du corps de l'animal, dans certaines artères, au sens rétrograde des globules succède le repos, et ensuite un mouvement naturel des troncs vers les branches, et des branches vers les rameaux; dans le plus grand nombre des cas le repos observé jusqu'alors dans les capillaires a fait place à un mouvement normal de leurs globules; ce mouvement, très-lent, était continu, non saccadé, et devenait de plus en plus faible. Mais si dans tous ces cas on examine le bout de l'artère qui est le siége de ce phénomène, on ne le voit plus fournir du sang, un caillot empêche la sortie de ce fluide, et si avec la pointe d'uue aiguille on enlève le caillot, ou si l'on rafraîchit avec des ciseaux le bout de l'artère, alors le mouvement rétrograde se rétablit dans le vaisseau, et toute progression cesse dans les capillaires.

Des expériences précédentes nous croyons devoir conclure que les mouvements des globules qui se montrent dans une partie séparée du corps par l'instrument tranchant viennent tout simplement de l'écoulement du liquide, qui, dans les points où les vaisseaux sont amputés, trouve une pression moindre que partout ailleurs, et les faibles mouvements qui y succèdent résultent de la propriété (paragraphe Ier) qu'ont les vaisseaux de revenir sur eux-mêmes, lorsqu'ils ne sont plus incessamment dilatés par l'abord du sang lancé par le cœur; que si quelquefois le mouvement rétrograde dans les artères est remplacé par un mouvement normal, cela provient d'un caillot qui vient de se former à l'extrémité ou-

verte de l'artère; de là le mouvement naturel dans l'artère, et par suite le rétablissement du faible mouvement des globules dans quelques capillaires qui en dépendent.

Ainsi, les faits d'après lesquels on a voulu considérer, 1° le mouvement spontané des globules du sang; 2° une sorte d'aspiration des vaisseaux capillaires sur le sang contenu dans les artères, pour le faire passer dans les veines; 3° l'endosmose et l'exosmose des parois de ces vaisseaux[1], etc., etc., comme causes du mouvement du sang dans les capillaires: ces faits, suivant nous, se trouvent naturellement expliqués, et cela, sans recourir à ces causes diverses que les auteurs n'ont admises qu'*à priori*, sans en démontrer en aucune manière l'existence[2].

[1] Nous ne nions pas que l'endosmose ne puisse produire quelque mouvement dans un vaisseau; mais nous soutenons que la circulation que nous examinons ici est étrangère à ce phénomène; ainsi voici une expérience que nous avons faite à ce sujet. On extrait du corps d'une grenouille *morte récemment* la plus grande partie de l'intestin avec son mésentère; on place des obstacles (nos cylindres de platine) sur des artères et des veines de ce mésentère, et on attend que le mouvement des globules produit par cette préparation ait cessé: on répand sur le mésentère, et au-dessous, une légère couche d'eau simple, ou mieux d'eau salée ou sucrée; ce liquide entre dans les vaisseaux par suite de l'endosmose; le sérum du sang se colore en rouge par la dissolution de la matière rouge des globules, si l'on fait usage d'eau distillée, et les globules, dans les vaisseaux circonscrits par les obstacles, offrent, pendant quelques secondes, un mouvement circulaire très-lent, tout à fait comparable à celui d'un entre-nœud de chara. Mais qu'y a-t-il de commun entre les circonstances qui produisent ce faible mouvement, pour ainsi dire instantané, et celles qui donnent lieu à la circulation si rapide des capillaires dont il est ici question? On peut faire cette expérience sans employer les cylindres de platine; alors un mouvement très-sensible, mais non circulaire, a lieu, surtout dans les anastomoses des veines et des artères, tout près de l'intestin.

[2] Sans doute nous ne croyons pas avoir réfuté toutes les objections qu'on oppose à la doctrine que nous soutenons; ainsi nous avons passé, avec raison, sous silence, les faits thérapeutiques, l'action intime des médicaments, etc., etc., les monstruosités si peu étudiées, qu'invoquent tour à tour les adversaires de la circulation harveyenne; qu'il nous soit permis de répéter ici, à ce sujet, ce que nous disions en septembre 1833. (*Journal hebdomadaire,* t. XII, p. 370.) «Dans la solution de la question qui m'occupe, je m'élève avec «force contre une telle manière de procéder; quand il s'agit de constater un phénomène, on «doit, si l'on ne veut pas errer dans son interprétation, le débarrasser de toute circonstance «étrangère, et ne point s'appuyer, pour l'expliquer, sur d'autres phénomènes qui sont peu ou «point connus, car alors il y a *cercle vicieux*.... Mais si l'on examine un phénomène dans son «plus grand état de simplicité, si l'étude à laquelle on s'est livré est bien faite, si les résul«tats obtenus en sont des conséquences immédiates, alors autour de ce premier phénomène «viendront se grouper des faits plus compliqués; alors de nouvelles causes entreront en scène, «et ces phénomènes complexes, ainsi analysés, trouveront eux-mêmes leur explication, ces«seront d'être interprétés diversement.»

§ III. — Des quelques autres causes qui déterminent un mouvement des globules dans les parties isolées du corps.

Nous allons examiner très-rapidement le mouvement du sang, dans une partie isolée du corps, produit par deux circonstances autres que les précédentes : l'une est l'action de la pesanteur, si bien étudiée par Haller et Spallanzani, l'autre l'action de la chaleur.

Un courant galvanique qui ne modifie en aucune manière la circulation capillaire sur l'animal vivant a un effet nul aussi dans une partie séparée du corps.

La section du nerf sciatique, dans les expériences précédentes faites sur la patte de la grenouille, n'a nullement influencé la circulation; bien entendu que nous mettons à part les mouvements produits par la douleur, snite de la section des nerfs, et cenx provenant de l'action galvanique sur les muscles.

EXPÉRIENCES DIXIÈMES.

Nous reprenons ici les mésentères de grenouilles, de salamandres, de souris, de très-jeunes surmulots, les pattes de grenouilles des expériences précédentes. Ces organes viennent d'être séparés du corps, la lame de verre sur laquelle ils sont placés est horizontale; au bout d'un certain temps tout mouvement a cessé dans les vaisseaux.

On incline la lame de verre, et les globules, tout à l'heure en repos, se meuvent vers la partie déclive du porte-objet; on détermine une inclinaison en sens contraire de la première, et un mouvement des globules a aussi lieu en sens opposé dn premier. Ces divers mouvements s'observent tant que le sang n'est pas coagulé dans les vaisseaux.

On aurait grand tort de regarder ce mouvement comme une sorte de circulation ; tout le sang contenu dans un vaisseau où on

l'observe ne se meut pas ; il y a simplement déplacement des globules, qui vont du point supérieur de la partie à son point le plus déclive, par suite de la pesanteur spécifique des globules, plus grande que celle du sérum, au sein duquel ils nagent. N'oublions pas d'ajouter que, dans beaucoup de cas, la coagulation du sang s'oppose à ces mouvements.

Une autre circonstance de mouvement, et contre laquelle il faut se tenir en garde dans les observations microscopiques, est l'action de la chaleur.

Examinant, il y a quelques années, avec M. le D[r] Nat. Guyot, *à la lumière d'une bougie,* la circulation dans une patte de grenouille séparée de l'animal, et fixée au contour d'une ouverture pratiquée à une lame de liége, sans le secours d'une lame de verre, uous ne fûmes pas peu surpris de voir un mouvement dans les vaisseaux des espaces interdigitaux, lorsqu'à la lumière diffuse il y avait repos; bientôt nous fûmes convaincus, après un léger examen, que la chaleur de la bougie, placée à quelques centimètres de distance du miroir du microscope, se réfléchissant snr ce miroir, une certaine quantité de chaleur était reçue par la patte ; mais les liquides se dilatant plus que les solides, le sang contenu dans les vaisseaux se dilatait plus que ces derniers, et par suite produisait le petit mouvement dont nous étions témoins. En effet, ce mouvement cessait peu de temps après avoir éloigné la bougie du miroir; il se rétablissait quand on l'en approchait de nouveau.

Depuis, j'ai répété cette expérience, en mettant en présence de la patte un corps chaud, comme une lame de fer incandescent, et j'ai vu ce petit mouvement se reproduire avec la même constance, toutes choses égales d'ailleurs.

Un effet du même genre a lieu, à la lumière diffuse, quand on passe d'un lieu frais dans un lieu chaud : si dans le premier il y a repos, un faible mouvement des globules pourra s'établir, par le passage brusque daus un milieu dont la température excède de dix à quinze degrés centigrades celle du lieu dans lequel on

observait d'abord, ainsi que je l'ai vu plusieurs fois, dans les grandes chaleurs de l'été, et à l'heure de la journée où la température a atteint son maximum, en passant d'nne pièce au nord dans une pièce au midi.

Cet effet de la chaleur sur le mouvement du sang, dans les capillaires d'une partie séparée du corps, est tout à fait étranger à celui que nous examinerons dans le dernier chapitre de ce travail, où nous traiterons de l'action générale d'une haute et d'une basse température, sur la circulation dans les capillaires.

Nous allons, dans le chapitre suivant, rapporter quelques nouvelles expériences, qui, jointes à celles de Haller, de Spallanzani et de quelques physiologistes modernes, en particulier de M. Magendie, ainsi qu'aux expériences que nous avons fait connaître dans nos Mémoires sur le Cours du sang dans les veines, et sur la Force du cœur aortique, démontreront qu'en effet le cœur est l'agent principal de la circulation capillaire et veineuse comme il l'est de la circulation artérielle; c'est-à-dire que sans cœur les circulations artérielle, capillaire et veineuse ne peuvent avoir lieu.

CHAPITRE II.

ACTION DU CŒUR ET DES ARTÈRES SUR LES CIRCULATIONS CAPILLAIRE ET VEINEUSE.

EXPÉRIENCES PREMIÈRES.

α. Si l'on examine la circulation dans les branchies de têtards de salamandres âgés d'un mois environ, le sang se meut quelquefois par saccades; on eu compte soixante-quatre à soixante-six par minute; chaque saccade est accompagnée d'un mouvement oscillatoire, de locomotion de toutes les branchies. — On incise les téguments qui correspondent à la région précordiale; on découvre le cœur, on compte *aussitôt* le nombre des pulsations du ventricule: il en donne soixante-six en une minute.

ε. Même coïncidence entre les saccades offertes par les globules, soit de la queue de plusieurs têtards de grenouilles, soit du mésentère de quatre salamandres adultes, et les pulsations du cœur, comptées comme précédemment, *immédiatement* après l'avoir mis à découvert [1].

γ. La circulation dans le mésentère de rats âgés de six à huit jours, et celle de la vessie de rats qui viennent de naître, devient moins vite peu de temps après leur fixation sur le liége; des saccades ont lieu dans les artères, les capillaires et les veines; leur nombre est le même que celui des contractions du cœur, comme on s'en assure après avoir mis cet organe aussitôt en évidence.

δ. On examine la circulation dans le mésentère, la vessie et la patte de plusieurs grenouilles chez lesquelles, préalablement, on a enlevé la partie moyenne du sternum et le péricarde; le cœur est à nu, et les contractions du ventricule peuvent être observées en même temps que ces organes. D'abord la circulation est si vite, qu'on ne distingue aucune saccade dans le mouvement des globules, mais au bout d'une heure environ que l'animal est épinglé elle a moins de vitesse, il y a saccade dans les artères, les veines et les capillaires; tandis qu'on remarque ces saccades, un observateur indique le temps, le moment des contractions du ventricule; à chaque contraction correspond une saccade dans les globules du sang.

Remarque. De ces expériences, ainsi que des troisième et quatrième du chapitre précédent, nous croyons devoir conclure que l'accélération du mouvement des globules du sang dans les artères, les capillaires et les veines, et chaque saccade des globules, sont dues à une contraction du cœur.

[1] Nous disons, « les pulsations comptées *immédiatement* après avoir découvert le cœur, » car ce nombre augmente par suite de l'action de l'air ou de toute autre cause, comme aux approches de la mort; ainsi dans la jeune salamandre on en compte d'abord 66 en une minute; quatre minutes s'étant écoulées 70, trois minutes après 78; enfin 106 en une minute, un quart d'heure après avoir mis le cœur à nu. L'animal meurt au bout de vingt et une minutes environ.

EXPÉRIENCES DEUXIÈMES.

Si pour maintenir un têtard de grenouille ou de salamandre on passe une épingle à travers une partie du corps, souvent la circulation se trouve tout à coup suspendue[1]; nous avons profité de cette circonstance pour voir de quelle manière elle se rétablissait, et pour déterminer le rôle que pouvaient alors remplir les capillaires.

α. Un têtard de salamandre est fixé dans une auge à l'aide d'une épingle très-déliée, qui traverse les chairs de la mâchoire inférieure (voyez fig. 1, Pl. II); la circulation, qui avant l'implantation de l'épingle se faisait dans les branchies, les pattes et la queue de l'animal, est tout à fait arrêtée; il est 4 heures 15 minutes, les branchies sont immobiles; — 4 heures 20 minutes, mouvement oscillatoire, locomotion de toutes les branchies, sans circulation; — 4 heures 25 minutes, mouvement de *va et vient,* d'oscillation dans les globules de l'artère et de la veine du corps de la branchie soumise à l'observation; les globules avancent de la moitié de leur longueur pour reprendre aussitôt leur première position; immobilité des globules des feuilles de la branchie; — 4 heures 31 minutes, la circulation se fait à la base de la branchie, et dans le premier quart de la longueur des deux premières feuilles, à l'aide de vaisseaux ou canaux anastomotiques qui vont de l'artère à la veine de chaque feuille; les trois derniers quarts de chacune de ces feuilles sont le siége d'un mouvement oscillatoire des globules, mouvement que nous avons d'abord remarqué dans le corps de la branchie; — 4 heures 35 minutes, la circulation a envahi la moitié

[1] L'impression que ressent l'animal de la piqûre ou des autres manœuvres mises en usage pour le fixer suspend-elle les contractions du cœur? Est-ce à la même cause qu'est due l'absence momentanée de la circulation dans la grenouille adulte, lorsque, fixée sur un liége, elle fait de violents mouvements pour se soustraire aux obstacles qui la retiennent? nous le pensons : quoi qu'il en soit, nous notons ici ces faits qu'il est important de connaître, afin qu'on n'attribue pas aux circonstances que nous pourrons provoquer, des phénomènes qui tiennent à une manière d'être de l'animal sur lequel on expérimente. Cette idiosyncrasie, chez les batraciens, a été d'ailleurs signalée par les micrographes depuis longtemps, et en particulier par Malpighi.

de la longueur des deux premières feuilles; — 4 heures 40 minutes, la circulation a lieu dans toute leur étendue, et en même temps elle a fait des progrès dans le corps de la branchie, de telle sorte qu'elle a atteint les deux tiers de sa longueur, et elle a lieu dans toute l'étendue des cinq premières feuilles; — 4 heures 44 minutes, les feuilles suivantes ne présentent de circulation qu'à leur base, les deux dernières n'offrent qu'un mouvement oscillatoire de leurs globules; cependant à 4 heures 50 minntes, la circnlation s'est établie dans tout le corps de la branchie; à 5 heures elle a lieu aussi dans toutes les feuilles.

6. Ce rétablissement de la circulation, qui va du centre à la périphérie, se remarque aussi dans les pattes et la queue de la jeune salamandre, ainsi que dans la queue du têtard de la grenouille, et dans la patte de la grenouille adulte; mais, dans ce dernier cas, jamais le rétablissement complet de la circulation ne se fait attendre aussi longtemps; les diverses phases de mouvement dont nous venons de parler, et qui exigent dans la jeune salamandre 30 à 50 minutes environ, ont lieu, dans les grenouilles adultes, en 3, 5 ou 10 minutes environ. Dans tous les cas jamais il n'y a de mouvement périphérique indépendant du mouvement central.

Remarques. Nous pensons que le cœur ayant cessé de battre, ses contractions ne récupèrent que peu à peu leur force et leur développement primitifs; aussi la quantité de sang qu'il meut d'abord est-elle assez petite pour qu'on ne voie aucune circulation dans les parties éloignées du cœur, par suite de l'inertie de la masse sanguine; mais sa force augmentant de plus en plus, elle devient apte à mouvoir une plus grande masse de sang, et à vaincre *l'adhérence des parois des vaisseaux capillaires sur le sang qu'ils contiennent*[1]; alors la circulation fait des progrès de plus en plus grands, et atteint enfin les extrémités du corps.

Si le cours du sang dans les capillaires n'était soumis qu'à l'ac-

[1] Nous disons ici, « adhérence des parois des vaisseaux capillaires sur le sang qu'ils contiennent; » mais nous verrons dans le troisième chapitre qu'il s'agit de l'adhérence du sang sur la couche immobile du même liquide qui tapisse l'intérieur des vaisseaux.

tion du cœur, le rétablissement complet de la circulation, du centre à la périphérie du corps, présenterait tous les phénomènes que nous venons d'exposer.

EXPÉRIENCES TROISIÈMES.

α. Une souris est morte depuis une heure; on ouvre l'abdomen, on en fait sortir une grande partie de l'intestin grêle avec le mésentère; on les étale sur une lame de verre placée sur le porte-objet du microscope; on attend que les petits mouvements provoqués par cette préparation aient cessé. — On comprime l'abdomen de l'animal : aussitôt le sang reflue des troncs des artères et des veines vers leurs branches et rameaux; ces vaisseaux contiennent une bien plus grande quantité de sang; quelques vaisseaux capillaires participent à ce mouvement. — On cesse de presser sur l'abdomen, et sur-le-champ les vaisseaux, artères et veines, qui viennent d'être dilatés, revenant sur eux-mêmes, sont le siége d'un mouvement du sang en sens contraire, c'est-à-dire que le sang est reporté vers les troncs. La durée de ce mouvement est de une à deux minutes environ, suivant l'animal.

β. Cette expérience faite sur la grenouille et la salamandre offre les mêmes résultats.

γ. Il y a plus, nous l'avons tentée sur une grenouille vivante dont les intestins et le mésentère avaient été préparés de la même manière, et où la circulation se faisait très-bien. — Au moment de la compression la vitesse dans les artères est augmentée; dans les veines il y a un temps de repos, et ensuite le sang s'y meut des troncs vers les rameaux. — On cesse de comprimer l'abdomen; alors, et artères et veines qui viennent d'être dilatées par l'abord d'une grande quantité de sang, revenant sur elles-mêmes, repoussent le sang qu'elles viennent de recevoir, malgré les contractions du cœur qui s'opposent à ce mouvement dans les artères; après ce reflux il y a un moment de repos dans les artères, puis un petit temps d'oscillation des globules, lesquels reprennent bientôt leur mouvement normal.

Remarque. En comprimant l'abdomen, la pression du sang dans les gros troncs des vaisseaux est alors augmentée; il se porte vers les branches et rameaux des artères et des veines et les dilate[1]; l'élasticité de leurs parois est mise en jeu par cette dilatation, et lorsque l'abdomen n'est plus comprimé, la pression du sang dans les troncs diminue tout à coup; le sang doit alors être chassé à son tour des rameaux des artères et des veines, vers les troncs. Ces expériences, dont l'interprétation est évidente, en nous appuyant sur les faits exposés dans le chapitre 1er, nous serviront à l'intelligence de celles qui vont suivre.

EXPÉRIENCES QUATRIÈMES.

a. On découvre le cœur d'une grenouille et on prépare l'intestin et son mésentère ainsi qu'on l'a dit précédemment; la circulation dans les artères, les capillaires et les veines se fait très-bien. — On saisit le cœur avec une pince, et à l'aide d'un bistouri on de ciseaux *on l'enlève avec une partie de l'aorte;* — aussitôt la progression du sang est nulle dans les artères et les capillaires; il y a oscillation des globules dans les artères; ces oscillations, qui ont une amplitude de deux à cinq longueurs de globules, ne durent que quelques secondes. Peu après, le sang a un mouvement rétrograde dans les artères; dans les veines le sens du cours du sang n'a pas changé, il est devenu seulement plus vite; le mouvement du sang, et dans les artères et dans les veines, des rameaux vers les troncs, devient de plus en plus lent, et cesse au bout d'un temps qui varie, selon les animaux, de trois à quinze minutes environ; en même temps la quantité de sang que ces vaisseaux contiennent est beaucoup diminuée, et leur calibre est plus petit. Quant aux capillaires, après l'ablation du cœur leur calibre est resté constant, et leurs globules n'ont présenté aucun mouvement.

б. Cette expérience, que nous avons faite sur des salamandres, et qui nous a offert les mêmes résultats, est due à Haller[2], et a été

[1] Les veines mésaraïques, comme on sait, n'ont pas de valvules.
[2] L. C. section VIII, p. 304 et suivantes.

depuis répétée par Spallanzani[1]. Mais ces auteurs n'ont rien dit sur l'intelligence de ces phénomènes.

Remarques. En enlevant le cœur et une partie de l'aorte, en ces points du système circulatoire, la pression du sang devient tout à coup celle de l'atmosphère; le sang qui est soumis à une pression plus considérable, dans tout le système vasculaire, artériel et veineux, doit donc refluer vers ces points, et alors acquérir une vitesse plus grande dans les veines, et avoir une marche rétrograde dans les artères: le mouvement dans ces vaisseaux se prolonge un certain temps, parce que, n'étant plus dilatés par le sang, ils reviennent peu à peu sur eux-mêmes, ainsi que nous l'avons établi dans le chapitre précédent.

Quant aux faibles mouvements oscillatoires des globules dans les artères, ils sont produits par le retrait de ces vaisseaux; l'effet de ce retrait est d'abord de chasser le sang aux deux extrémités du système artériel, mais du côté des capillaires il y a repos par suite de l'adhérence entre leurs parois et le liquide qu'ils contiennent; du côté du cœur, la résistance est nulle; alors le sang s'y porte naturellement, et la progression dans les artères, vers l'ouverture faite à l'aorte, succède bientôt à ces oscillations de quelques instants que nous avons observées.

Ces remarques s'appliquent tout à fait à l'écoulement du sang par l'ouverture pratiquée à une artère ou à une veine, dans les expériences des deux célèbres physiologistes que nous venons de citer.

Est-il nécessaire de faire observer que le mouvement du sang ayant cessé d'être normal dans les artères, il y a eu aussitôt repos dans les capillaires? et cependaut les artères sont pleines de sang; s'il y avait appel du sang des artères, de la part des vaisseaux capillaires, comme le veulent Bichat, Schultz, Hodge, etc. on en serait ici témoin.

[1] L. C. section IV, p. 327 et suivantes.

EXPÉRIENCES CINQUIÈMES.

a. On prépare le mésentère et le cœur d'une grenouille comme dans les expériences précédentes; mais au lieu d'enlever le cœur *on le lie à sa base,* sans comprendre l'oreillette. — La vitesse des globules dans les artères, les capillaires et les veines, est tout à coup considérablement diminuée; le plus grand nombre des vaisseaux capillaires ne participent pas à ce faible mouvement. (Il y a quelquefois dans les artères, et pendant une minute environ, quelques faibles saccades, produites sans doute par les contractions de la base de l'aorte, qui dans cet animal est musculeuse; il en est de même du mouvement du sang dans les veines, qui quelquefois est oscillatoire, par suite des contractions de l'oreillette qui persistent.) Mais à la progression lente du sang dans les artères succède bientôt le repos; alors immobilité dans les vaisseaux capillaires. Ce repos dans les artères est lui-même bientôt remplacé par un mouvement rétrograde des rameaux vers les troncs de ces vaisseaux; ce dernier mouvement, ainsi que celui des veines, devient de plus en plus petit, et il y a repos dans tous les vaisseaux au bout de cinq à dix minutes; en même temps les artères ont perdu une grande partie du sang qu'elles contenaient, de telle sorte que, de rouges qu'elles étaient, elles sont devenues très-pâles; les veines ont aussi perdu de leur sang, mais beaucoup moins que les artères.

Remarque. Ce mouvement rétrograde du sang dans les artères, après la ligature du cœur, vient du retrait des parois des petites artères vers leur axe, et comme ce retrait est beaucoup moins prononcé dans les gros troncs, alors il y a progression du sang des rameaux et branches artériels vers les troncs. Il en est de même du faible mouvement dans les veines, quoique le sang n'y soit plus poussé par le cœur et les artères à travers les vaisseaux capillaires. Ce serait le cas de faire remarquer que c'est à ce retrait des petits vaisseaux qu'est due la pâleur de tout le corps dans les premières heures qui suivent la mort; mais nous nous abstenons

ici, comme nous l'avons fait jusqu'à présent, de réflexions et applications pathologiques, ce mémoire étant tout physiologique. Cette expérience rappelle celles de Spallanzani, dans lesquelles il lie le tronc de l'aorte ou comprime le cœur [1].

ε. Mais *on enlève,* sans blesser le cœur, *la ligature* qu'on vient de lui appliquer; le fil, par suite de la compression du tissu charnu du cœur, laisse un profond sillon; par là on peut voir qu'*il n'y a qu'une très-petite partie du cœur qui concourt d'abord aux contractions.* — Tous les globules des artères et de la plus grande partie des capillaires éprouvent un petit ébranlement. — Cet ébranlement se change bientôt en un mouvement oscillatoire dans les artères; le sang est poussé par le cœur, mais il recule presque autant qu'il avance, et cela à cause de l'élasticité des parois artérielles. — Une plus grande partie du cœur prenant part aux contractions (ce qu'on voit par la moindre profondeur du sillon), en même temps l'amplitude des oscillations devient plus grande; il y a progression, c'est-à-dire qu'un globule avançant à chaque contraction de la longueur de huit à dix globules, il ne recule, par suite du retrait des artères, que de trois à cinq; ce recul diminue de plus en plus au fur et à mesure de la disparition du sillon du cœur; de sorte qu'au bout de cinq minutes il y a progression à chaque contraction du cœur, point de recul, mais repos des globules en l'absence des contractions de cet organe; c'est un mouvement intermittent dans les artères, dans les veines et la plus grande partie des capillaires, auquel succède bientôt un mouvement continu, saccadé; les saccades deviennent de moins en moins prononcées; enfin, au bout de douze à quinze minutes, le sillon du cœur ayant presque disparu, le mouvement du sang dans ces trois ordres de vaisseaux devient continu; il n'y a plus de repos dans l'intervalle des contractions du cœur, mais c'est encore un mouvement continu et légèrement saccadé.

γ. Sur d'autres grenouilles et salamandres, on lie et on délie le

[1] L. C. *Première dissertation,* expériences 80, 81 à 86.

cœur, et tous les phénomènes de mouvement que nous venons de décrire ont lieu d'une manière constante.

δ. On coupe le cœur à sa partie moyenne; alors, ainsi que nous l'avons dit précédemment, repos dans les capillaires; les artères et les veines poussent le sang vers le point du système circulatoire, devenu libre.

Remarque. Au moment où l'on délie le cœur, les petites artères sont rétrécies; le sang poussé alors par les faibles contractions du cœur les dilate, mais, revenant sur elles-mêmes aussitôt après le faible effort du cœur, elles repoussent le sang; de là les oscillations sans progression dans les premiers instants qui suivent la disparition de la ligature.

Ces expériences confirment l'interprétation que nous avons donnée des phénomènes observés dans les premières et deuxièmes expériences de ce chapitre.

EXPÉRIENCE SIXIÈME.

Rapportons encore l'expérience suivante du même genre.

Le cœur mis à découvert sur une grenouille, et le mésentère étalé sur le porte-objet du microscope, la circulation dans les artères, les capillaires et les veines, est continue; ce n'est que par intervalles qu'elle est légèrement saccadée : chaque saccade correspond à une contraction du ventricule.

Nous appliquons une ligature, non à la base, comme précédemment, mais *à la partie moyenne du ventricule du cœur,* le jeu de l'oreillette reste libre. Par cette ligature une partie du cœur est seulement paralysée; alors les contractions de la partie libre ont moins de force, et à chaque contraction il passe moins de sang dans le système artériel. — Le mouvement du sang, de continu, est devenu intermittent, dans les artères, les capillaires et les veines; il y a progression des globules, mais seulement pendant les contractions du ventricule : en leur absence il y a repos. — *On enlève la ligature appliquée au cœur;* il reste pendant cinq à six

minutes des traces profondes du sillon, de sorte que les contractions ne reprennent que peu à peu leur amplitude; la vitesse du sang augmente alors de plus en plus; le mouvement intermittent fait bientôt place à un mouvement continu, saccadé, et le sang ne récupère son mouvement continu, primitif, que lorsque le sillon du cœur a tout à fait disparu : cette disparition a lieu au bout de vingt minutes environ.

Remarque. Outre l'absence complète d'action des vaisseaux capillaires dans ces expériences, nous voyons que le mouvement du sang, de continu, devient intermittent, lorsqu'une partie du cœur seulement participe à sa systole, ou que sa force est diminuée; alors nécessairement une quantité beaucoup moindre de sang se trouve lancée dans les artères, et doit vaincre l'inertie de la masse sanguine, qui est alors en repos; les artères sont donc moins dilatées, et par suite elles reviennent moins sur elles-mêmes après chaque systole du cœur; de là leur impuissance à changer en continu le mouvement intermittent produit par les contractions du cœur, comme il arrive, dans l'état normal, quand tout le ventricule préside à la systole, et quand l'ondée de sang lancée par cet organe à chaque contraction, en rapport avec la grandeur de sa cavité, rencontre la masse de sang contenue dans les artères, les capillaires et les veines, non en repos, comme nous venons de le voir, mais douée d'un mouvement dû au retrait des vaisseaux, principalement des artères.

Nous allons terminer ce chapitre par une expérience au sujet de la *circulation languissante*, observée dans les mammifères, et dont s'est occupé le premier, sur les batraciens, le célèbre Haller, et ensuite Spallanzani, chez les mêmes animaux, mais sans qu'ils l'aient interprétée; nous pensons, en nous appuyant sur les faits précédents, qu'elle trouvera naturellement son explication.

EXPÉRIENCES SEPTIÈMES.

α. On épingle sur une lame de liége une souris blanche âgée d'un mois environ; on fait une large incision à l'abdomen suivant

la ligne médiane, et on prépare sur une lame de verre l'intestin grêle et le méseutère; la vitesse des globules dans les artères est plus grande que dans les veines; dans les capillaires, où l'on distingue très-bien la forme des globules, elle est en général plus petite que dans ces deux ordres de vaisseaux. Ce mouvement est d'abord continu, sans saccade ni intermittence.

Quarante minutes se sont écoulées : l'animal a la plus grande partie de ses intestins hors de l'abdomen; il montre beaucoup moins d'irritabilité depuis un quart d'heure; le sang, dans les artères, les capillaires et les veines, se meut avec moins de vitesse dans l'intervalle des contractions du cœur; son mouvement, de continu, est devenu continu-saccadé. — Quinze minutes après, les saccades sont beaucoup plus prononcées; il y a lenteur extrême dans la progression du sang pendant l'intervalle des contractions. — Dix minutes se sont de nouveau écoulées : alors repos des globules après chaque systole du cœur; ce mouvement intermittent a lieu et dans les artères, les capillaires et les veines. A ce repos succède un mouvement rétrograde des globules, après chaque contraction du cœur, dans les artères dont le mouvement est alors oscillatoire; une grande partie des capillaires n'offrent plus de mouvement. — L'animal est en expérience depuis une heure vingt minutes : il ne donne plus signe de vie; l'amplitude des oscillations augmente de plus en plus, et les globules reculent autant qu'ils avancent dans les oscillations qu'ils nous offrent; il y a lutte entre les faibles contractions du cœur et la résistance qu'offrent les artères à la dilatation : enfin le mouvement naturel des globules dans les artères devient à peine sensible; bientôt il n'y a plus que mouvement rétrograde dans ces vaisseaux, repos dans les capillaires, et mouvement lent, mais toujours naturel dans les veines. Ce transport du sang, des rameaux des artères et des veines vers les troncs, devient de plus en plus lent, et il y a repos au bout de vingt minutes. Nous remarquons que les artères et les veines contiennent une bien moins grande quantité de sang; quant aux capillaires, ils n'offrent aucune différence.

6. Dans les jeunes rats tous les phénomènes que nous venons de décrire ont lieu avec la même constance.

Remarque. Les mouvements de systole du ventricule persistent après la mort chez les batraciens; cette persévérance des contractions du cœur a aussi lieu, après la mort, chez certains mammifères, comme le chien, le rat, la souris, etc. Ces mouvements, qui ont encore assez d'énergie quand on vient d'extraire cet organe du corps de l'animal vivant, deviennent de plus en plus faibles. L'animal qui fait l'objet de cette expérience, par suite de l'opération à laquelle il était soumis, s'est affaibli de plus en plus, et en même temps les contractions du cœur ont perdu de plus en plus de leur énergie; de là les mouvements continus-saccadés, intermittents, oscillatoires, qui ont successivement remplacé le mouvement continu. L'animal mort, le cœur a continué de battre; alors persévérance du mouvement oscillatoire; mais les contractions du cœur devenant de plus en plus faibles, le mouvement rétrograde du sang dans les artères a acquis tout son empire par suite du retrait des vaisseaux, qui cessaient d'être dilatés par le sang venant du cœur, de sorte qu'à la faveur de ce retrait des parois des vaisseaux vers leur axe, le mouvement rétrograde des globules s'est encore prolongé vingt minutes après la mort de l'animal.

Dans toutes les expériences que nous venons de rapporter dans ce chapitre, les vaisseaux capillaires sont d'une inertie complète; ainsi, quoique le volume des artères et des veines qui correspondent à une masse de vaisseaux capillaires change, dans diverses circonstances, comme la quantité de sang qu'ils contiennent, les capillaires ont un volume qui ne paraît pas varier, et la quantité de sang qu'ils renferment reste la même dès que les artères qui les alimentent cessent de leur en fournir; en outre, il n'y a point de mouvement dans les capillaires sans un mouvement correspondant dans les artères, et tout mouvement dans les artères, des troncs vers les rameaux, se transmet à travers les capillaires aux veines, sans éprouver en aucune manière d'accélération de la part de ces petits vaisseaux.

Nous croyons donc devoir conclure que le cœur et l'élasticité des parois artérielles sont les principaux agents de la circulation artérielle, capillaire et veineuse [1], c'est-à-dire que sans la présence d'un organe creux, musculeux, offrant incessamment et alternativement des mouvements de systole et de diastole, *la circulation capillaire* dont il est ici question n'est pas possible [2] (*b*).

Mais si les vaisseaux capillaires ne jouent pas un rôle actif dans la circulation, ils la modifient d'une manière bien remarquable, ainsi que nous l'avons annoncé dès le commencement de ce Mémoire.

L'étude de ces modifications va faire l'objet du chapitre suivant.

CHAPITRE III.

EXAMEN DE LA CAUSE DES MOUVEMENTS SINGULIERS DES GLOBULES DANS LES VAISSEAUX CAPILLAIRES. — INFLUENCE DU FROID ET DE LA CHALEUR SUR LA CIRCULATION CAPILLAIRE. — LA PRESSION AMBIANTE N'A AUCUNE ACTION SUR CETTE CIRCULATION.

§ Ier. — Une couche immobile de sérum tapisse l'intérieur des vaisseaux et protége leurs parois contre le frottement du liquide qui s'y meut.

Quand on examine le cours du sang dans une veine ou une artère mésentérique d'une grenouille, d'une jeune souris, de très-jeunes surmulots, etc., on voit, ainsi que l'ont fait remarquer Malpighi, Haller, Spallanzani, etc., en allant de l'axe du vaisseau vers les parois, les globules doués de vitesses très-différentes;

[1] Quant aux causes accessoires de la circulation, voyez notre Mémoire sur la circulation veineuse. (*Journal hebdomadaire*, t. I, p. 289, et t. III, p. 97.)

[2] Cependant on voit une sorte de circulation dans les vaisseaux ramifiés des stipules du *ficus elastica*, séparées du tronc; et là on ne reconnaît pas de *cœur*; mais, ainsi que je l'ai constaté dans les entre-nœuds du chara, et que Hales l'a démontré, les liquides qui circulent dans les végétaux sont soumis à une pression supérieure à celle de l'atmosphère, comme chez les animaux; or, dans la ligne de section d'une stipule qu'on vient de séparer de l'arbre, une certaine quantité de liquide s'écoule : de là la circulation dont on est témoin. Je ne crains pas d'affirmer, quoique je ne l'aie pas vérifié, qu'en vain on chercherait à découvrir la circulation dont il s'agit, si la stipule, comme on ne manque jamais de le faire, n'était pas détachée du tronc.

dans l'axe, la vitesse est à son maximum. Tout près des parois, qui, vues de champ, apparaissent sous forme d'une ligne opaque, on distingue *un espace très-transparent* (fig. 1, Pl. I. Voyez les artères et veines α, β, α', β') où se montrent rarement des globules; cet espace a une largeur égale environ au huitième ou au dixième du diamètre du vaisseau. C'est cette partie transparente des vaisseaux, regardée par Haller[1], dans les grenouilles, comme dépendante de l'épaisseur des parois vasculaires, observée dans les mêmes animaux, par M. de Blainville[2], comme appartenant au sérum du sang, qui va nous occuper ici.

α. Cette partie transparente est bien une couche de sérum appartenant au sang qui se meut dans les vaisseaux; en effet, si l'on circonscrit par deux cylindres de platine C, C' (Voyez fig. 1, Pl. I) une portion d'artère ou de veine, *on voit cette couche disparaître aussitôt;* les globules occupent alors toute la capacité du segment vasculaire; on ne voit plus, du vaisseau, que les globules et les deux lignes opaques qui le limitent; cette disparition n'est pas due à une absorption du sérum de la part des parois, comme on pourrait le penser, puisque le segment EGB n'offre pas, immédiatement après cette disparition, un diamètre plus petit que celui des troncs au delà des obstacles; si l'on enlève les cylindres, les globules entrent en mouvement, vont dans la partie moyenne du vaisseau où la vitesse est plus grande, *et la couche transparente reparaît aussitôt.*

[1] Haller pensait que le champ d'un vaisseau artériel ou veineux, représenté par le courant des globules sanguins, indiquait la cavité intérieure, la lumière du vaisseau; que la partie transparente comprise entre le courant des globules et la ligne opaque qui correspond à l'épaisseur des parois du vaisseau dépendait de l'épaisseur même de ses parois. Ainsi (L. C. section IV, page 238) il dit: « La raison (le rapport) de l'épaisseur des tuniques des artères « à la largeur de leurs lumières est inconstante, et ces tuniques sont capables de compression. « Elles ont beaucoup plus de diamètre que la lumière dans les artères d'un animal affaibli « (expériences 70, 92); mais quand la vigueur de la circulation se rétablit, la lumière augmente, et le diamètre des membranes diminue sans que le diamètre de l'artère entière en soit « altéré (expériences 91, 92, 95, 183); il arrive même que la lumière passe de beaucoup la « largeur des tuniques. Je ne me souviens pas d'avoir entendu parler de ce changement d'épaisseur dans les membranes des artères. »

[2] *Cours de Physiologie générale et comparée*, 1830.

ϐ. On place un obstacle C près la bifurcation d'une artère et d'une veine α, ϐ (fig. 1, Pl. I); la circulation s'est arrêtée au delà de l'obstacle, et dans l'artère et dans la veine, de sorte que les globules des parties AK, MO de ces vaisseaux sont en repos; la circulation continue dans les deux branches de chaque vaisseau, en vertu des anastomoses: son cours est seulement modifié; ainsi, au lieu de se faire dans le même sens dans les deux branches qui naissent d'un même tronc, elle a lieu en sens inverse dans l'un et dans l'autre. La partie transparente a disparu dans les portions AK, MO, lorsqu'elle continue d'exister dans les deux branches de chaque tronc. Les globules qui passent d'une branche à l'autre, de H vers I, de D vers F, ou réciproquement, sont séparés des globules en repos des parties AK, MO, par un espace KL, NO de sérum tout à fait transparent; ce n'est qu'à des intervalles de temps plus ou moins éloignés, que quelques globules des parties AK, MO franchissent cet espace, ébranlés par la vitesse du courant qui a lieu d'une branche à l'autre. Ces espaces transparents AK, MO, de figure assez variable, sont formés de sérum, dont les molécules, les unes en contact avec les globules qui vont d'une branche à l'autre, suivent le mouvement de ces derniers; les autres, en contact avec les globules des parties AK, MO, n'ont aucun mouvement. Les mêmes phénomènes ont lieu dans les points P et Q des mêmes vaisseaux α, ϐ, par rapport à l'obstacle C'.

Les espaces KL, MO lient entre eux les espaces transparents des branches qui leur correspondent.

Ainsi cette partie transparente des vaisseaux, qui se trouve de chaque côté du champ parcouru par les globules, et limitée en dehors par la ligne obscure qu'offrent les parois vasculaires, vues de champ, n'est point le résultat d'un jeu de lumière, ne fait pas partie des parois des vaisseaux; toute son épaisseur est occupée par du sérum [1].

[1] C'est sans doute à la manière dont observait Spallanzani (lumière réfléchie et non réfractée) qu'est dû son silence sur cette partie transparente des vaisseaux, puisqu'il parle du frottement des globules contre les parois des artères (L. C. p. 248); et au sujet des vais-

γ. Cette couche de sérum n'existe pas seulement dans les reptiles, mais aussi dans les trois autres classes des animaux vertébrés, comme on le voit toutes les fois que les parois des vaisseaux sont elles-mêmes transparentes; ainsi, les artères et veines, soit du mésentère, soit de la vessie de surmulots âgés seulement de quelques jours, de mésentères de souris âgées de trois semaines au plus, offrent cette partie transparente avec une netteté remarquable; elle présente même, chez les mammifères, une épaisseur plus grande, proportionnellement au diamètre du vaisseau, que dans les reptiles et les poissons.

δ. L'épaisseur de cette couche de sérum, toutes choses égales d'ailleurs, devient beaucoup moindre quand la vitesse des globules est plus petite, de telle sorte qu'elle disparaît, comme nous venons de le voir, quand la vitesse est nulle. Ainsi, lorsque par un obstacle placé sur un vaisseau on a empêché la circulation, ou bien qu'elle a cessé dans quelques vaisseaux, comme cela a lieu fréquemment dans un mésentère, soit de mammifères, soit de batraciens, qui vient de faire hernie à travers une section des parois abdominales : si la suspension de la circulation a été prolongée assez longtemps pour que les vaisseaux aient diminué notablement de diamètre (voyez fig. 5, Pl. V), quand la circulation vient à se rétablir, la vitesse des globules, comme on sait, est beaucoup plus considérable dans les points rétrécis F, G, H, I, que dans ceux A, B, C, D, E : eh bien! dans les parties rétrécies du vaisseau, la couche transparente de sérum occupe quelquefois, de chaque côté du courant des globules, le tiers du diamètre du vaisseau; dans les autres points où la vitesse des globules est beaucoup moindre, la couche est au contraire très-mince; elle n'est quelquefois que le cinquième environ de la première.

S'il s'agit, au contraire, d'une dilatation anévrismatique d'un

seaux capillaires il dit : « Les globules se meuvent un à un sans jamais toucher leurs bords, « quoiqu'ils les côtoient d'assez près (les parois des vaisseaux). » (P. 283.) Mais dans cette assertion il s'agit d'expériences (expériences 58 et suiv. p. 169) faites à la lumière réfractée, mode d'observation qu'il employait très-rarement, et dont probablement il n'avait pas fait usage pour les artères et les veines.

vaisseau (voyez fig. 2, Pl. V), dans la partie dilatée AB, la vitesse est beaucoup moindre qu'en C et D; aussi la couche de sérum est beaucoup plus mince en AB qu'en C et D, où le vaisseau a conservé son diamètre normal.

ε. A vitesses égales, la partie transparente qui nous occupe est plus considérable dans un gros que dans un petit vaisseau, ainsi qu'on le voit (fig. 1, Pl. I), si l'on compare la couche transparente des troncs des vaisseaux à celle de leurs branches.

ζ. Si l'on examine le cours des globules dans un vaisseau dont le diamètre permette le passage à trois, cinq, douze, vingt globules de front, la vitesse des globules dans l'axe du vaisseau est la plus grande; cette vitesse diminue de plus en plus en s'approchant de la couche de sérum. Dans l'axe et dans son voisinage, les globules n'ont qu'un mouvement de translation, mais près de la couche, ils ont un mouvement de translation et de rotation; ce dernier mouvement est d'autant plus prononcé qu'on s'approche plus de la couche; les globules *d* (fig. 6, Pl. V), qui la touchent, roulent pour ainsi dire sur elle, et offrent un mouvement de translation beaucoup moins vite que ceux de l'axe du vaisseau. Ces mouvements s'observent très-bien dans les mammifères et les batraciens, surtout si le cours du sang n'est pas très-vite, s'il est devenu accidentellement moindre que dans l'état normal. Dans la grenouille et la salamandre, le mouvement de rotation est plus facile à découvrir à cause de la forme ovalaire de leurs globules. Ces deux mouvements nous sont aussi offerts par les globules des branches H, I; D, F en contact immédiat avec le sérum des parties transparentes KL, NO. (Voyez fig. 1, Pl. I.)

Cette couche de sérum, dans son contact avec les globules, n'en est donc pas séparée par une ligne droite, mais bien par une ligne ondulée (fig. 6, Pl. V), dont les anfractuosités et les saillies sont en rapport avec la grosseur des globules de l'animal.

η. Cette différence de vitesse et de mouvement, dans les globules placés, les uns près de l'axe, les autres près de la couche, n'a pas seulement lieu dans la largeur du vaisseau, comme nous

venons de le voir, mais aussi dans sa hauteur, et par suite dans tous les sens, à partir de l'axe; ainsi, si l'on examine un vaisseau avec un grossissement de trois cents à quatre cents diamètres, par exemple, si le vaisseau est placé à une distance de l'objectif, de manière à voir la circulation à son centre, en l'éloignant peu à peu de l'objectif, la vitesse des globules qu'on découvre est moindre; il s'agit alors des globules placés à la partie supérieure et moyenne du vaisseau; si, au contraire, on rapproche peu à peu le vaisseau de l'objectif, on voit de nouveau les globules de l'axe, et ensuite des globules qui ont une vitesse plus petite : ce sont ceux placés à la partie inférieure et moyenne du vaisseau.

θ. En continuant l'examen de cette couche, on ne tarde pas à découvrir quelques globules qui, heurtés par leurs voisins, se trouvent lancés plus ou moins profondément dans son épaisseur; les uns, *a, a, a* (fig. 6, Pl. V), occupant le tiers interne de cette épaisseur, ont une vitesse beaucoup moindre que ceux placés dans le voisinage de la couche, comme *d;* les autres, *b, b,* occupant le tiers moyen, ont une vitesse beaucoup plus petite, ils se meuvent avec une lenteur extrême; enfin, ceux *c, c,* placés dans le tiers externe, lors même qu'ils ne touchent pas les parois du vaisseau, sont en repos.

Si, au lieu d'un très-jeune rat, d'une jeune souris, on prend une grenouille privée de nourriture depuis quelque temps, le sang contient alors un beaucoup plus grand nombre de petits globules circulaires (fig. 6, Pl. V), *f, g, h,* dont le diamètre égale environ le petit diamètre des globules ovalaires; ce sont, comme l'a dit M. J. Muller, des globules lymphatiques. Alors on voit fréquemment ces globules circulaires occuper ces différents points de la couche de sérum, et offrir les divers degrés de lenteur dont nous venons de parler.

Bientôt les globules *a, h,* heurtés par ceux de la colonne mouvante, sont emportés par ces derniers dans le courant; ce phénomène a lieu aussi pour les globules *b, g,* mais moins souvent; enfin, nous avons vu les globules *c, f,* rester plus d'une heure et

demie en repos sans être dérangés de cet état par les globules du courant; mais si, par une cause quelconque, la circulation vient à cesser, les globules envahissent toute la largeur du vaisseau, et ils font partie du courant quand la circulation se rétablit, par suite de leur contact avec les globules doués de mouvement.

ι. Si l'on se sert d'un faible grossissement, de soixante à quatre-vingts diamètres, par exemple, il arrive quelquefois de voir des globules du sang ou de la lymphe tout près du courant, comme ceux *a*, *h*; et qui n'offrent pas plus de mouvement que les globules *c*, *f*; mais ces globules sont placés à la partie supérieure et externe du vaisseau, comme en *h'*; ils se trouvent alors dans la partie immobile de la couche de sérum, ainsi que les globules *c*, *f*; cet effet est dû au faible grossissement qui permet de voir une grande partie de l'épaisseur du vaisseau, de sorte qu'on aperçoit en même temps et sa partie moyenne et sa partie supérieure, car si on fait alors usage d'un grossissement de quatre cents à cinq cents diamètres, on ne peut plus distinguer en même temps le globule *h'* et ceux placés dans le plan médian horizontal en *d*.

κ. Ainsi cette couche de sérum n'est point immobile dans toute son épaisseur; ses molécules fluides se meuvent d'autant plus lentemeut qu'on s'approche plus des parois du vaisseau, et tout près de ces parois, cette couche a ses molécules en repos.

λ. Le sang se meut donc dans les tubes vivants comme le ferait un liquide dans un tube inerte [1], c'est-à-dire que les parois des vaisseaux, par une sorte d'affinité pour le sérum, puisqu'elles sont mouillées par le sang, rendent immobile une couche très-mince de ce sérum; cette couche immobile tend à retarder le filet fluide interne qui lui succède; ce dernier agit de la même manière sur

[1] Des travaux de M. Girard, sur l'écoulement des liquides dans des tubes de verre de petits diamètres, ont établi pour des tubes inertes, susceptibles d'être mouillés par le liquide qui s'y meut, l'existence de cette couche dont nous venons de constater *directement* l'immobilité dans les vaisseaux sanguins. Cependant nous avons fait passer dans des tubes de verre, d'un diamètre un peu moindre qu'un millimètre, des liquides tenant en suspension des corps opaques, et examinant cet écoulement à l'aide du microscope, nous avons trouvé cette couche immobile d'une épaisseur beaucoup plus petite que celle obtenue par les calculs de ce savant physicien.

son voisin, et ainsi de suite pour les filets ou couches concentriques s'approchant de plus en plus de l'axe du vaisseau, où alors le filet fluide a son maximum de vitesse. L'action d'un filet fluide a d'autant plus d'influence sur son voisin qu'il est plus près des parois; ainsi, dans les trois quarts ou deux tiers moyens du diamètre d'un vaisseau charriant quinze à vingt globules de front, on ne voit pas sensiblement de différence de vitesse entre les filets fluides qui les composent.

μ. Les vaisseaux sanguins et les tubes inertes ne sont pas les seuls qui fixent contre leurs parois une partie du liquide qui les traverse; les tubes végétaux, lorsque leurs parois sont très-transparentes, nous offrent le même phénomène, ainsi que nous nous en sommes convaincu dans les stipules du *ficus elastica*, qu'on vient de détacher du tronc, et dont une partie du liquide s'écoule au dehors; les globules ne se meuvent que dans l'axe des vaisseaux; entre le courant et les parois vasculaires se trouve un espace très-transparent appartenant au liquide qui charrie les globules; dans cet espace, les globules, ou se meuvent très-lentement, ou n'ont pas de mouvement, comme chez les animaux.

Nous croyons devoir conclure de l'examen précédent, que la partie transparente des vaisseaux, comprise entre le courant des globules et leurs parois, n'est due qu'à la présence du sérum appartenant au sang qui s'y meut (*c*).

Ainsi, le sang traversant incessamment tous les vaisseaux, ni sa partie solide, *les globules,* ni même sa partie liquide, *le sérum,* ne frottent contre leurs parois; *une couche de sérum,* par son immobilité, *garantit ces parois de l'usure qui en serait résultée si ce frottement eût existé.*

§ II. — Cause des mouvements singuliers des globules dans les vaisseaux capillaires.

Fixons maintenant nos regards sur l'existence de cette couche de sérum dans les vaisseaux capillaires, et nous verrons que les irrégularités offertes par les mouvements des globules, dans ces vaisseaux, doivent être attribuées à sa présence.

α. Comme ordinairement ces vaisseaux ne donnent passage qu'à un seul globule, alors on n'y rencontre qu'une seule file de ces corpuscules, le plus souvent interrompue par des espaces de sérum; et ici l'existence de la couche serait démontrée par la place qu'occupent les globules dans leur mouvement, qui est l'axe du vaisseau, si nous n'avions pas prouvé qu'elle existe aussi bien dans les vaisseaux qui charrient trois ou quatre globules de front que dans ceux où l'on en rencontre quinze à vingt.

β. Nous observons la circulation dans les capillaires de la queue d'un têtard de grenouille, dans quelques vaisseaux où il ne circule ordinairement qu'un seul globule : on en voit quelquefois deux de front; mais bientôt l'un d'eux, se trouvant plus près de la paroi du vaisseau que l'autre, est arrêté dans sa marche, tandis que son congénère, placé plus près de l'axe du vaisseau, l'a bientôt abandonné et poursuit sa route. Le globule retardataire, heurté par un nouveau globule, gagne peu à peu le centre du vaisseau, très-souvent en tournant sur lui-même, en décrivant un demi-cercle dont le centre est la portion du globule placée dans la couche, et alors il suit le chemin de son ancien compagnon, en récupérant sa vitesse primitive. D'autres fois un globule, suivi de cinq à six autres et heurté par son voisin, se place en travers du vaisseau; ses deux extrémités baignent dans la couche immobile de sérum : il a alors une vitesse beaucoup plus petite; les autres globules arrivent sur lui, s'en rapprochent, et il y a pendant quelques instants agglomération de globules en ce point, et par suite repos des globules dans le vaisseau capillaire; mais, par les efforts que fait le filet central de sérum, ces globules se trouvent ébranlés; la position du premier globule change, devient longitudinale, et le cours des globules se rétablit bientôt.

γ. Des globules viennent d'un vaisseau capillaire A (fig. 3, Pl. I) du mésentère d'une grenouille, et se rendent dans deux divisions B et C; tant que les globules occupent le centre du vaisseau, leur mouvement n'éprouve aucune irrégularité. Un globule se trouve lancé dans la couche qui correspond à l'éperon E, alors il

se recourbe, et dans cette position il oscille pendant quelques secondes; mais ainsi ébranlé, il change de place et est bientôt emporté dans le courant de B, par exemple, si dans sa nouvelle position il se trouve plus engagé dans B que dans C. — D'antres fois, deux globules donnés par D se présentent à la fois à l'entrée du vaisseau F, la circulation est arrêtée dans ce vaisseau F ou offre une vitesse beaucoup moindre, tandis qu'elle continue à se faire comme auparavant dans le vaisseau A : dans des circonstances analogues, la circulation continue dans F et est arrêtée dans A. — Quelquefois de deux globules qui sont lancés par le vaisseau D et arrêtés à l'entrée de F, l'un *g'*, tout près de la paroi en G, se maintient en repos, lorsque l'autre *g*, après s'être arrêté avec *g'*, continue sa route vers F. Deux globules K et K' sont au centre du vaisseau, et se trouvent à une certaine distance l'un de l'autre; le globule K', dans ses mouvements, est plus près de la paroi que K; sa vitesse diminue, et la distance qui séparait les deux globules devient alors plus petite; au contraire, cette distance augmente si la vitesse du globule K est plus petite, par nne circonstance analogue à celle qui a retardé le cours du globule K'.

δ. L'une des extrémités d'un globule *a*, de la division C (fig. 3, Pl. I), est dans l'épaisseur de la couche; l'extrémité opposée est plus près du centre du vaisseau : alors ce globule, ébranlé par le filet fluide central, se place bientôt en travers *a'*, et ensuite obliquement *a''*, pour reprendre sa marche suivant l'axe du vaisseau, comme *a'''*.

ε. Les capillaires du mésentère de la grenouille, de la salamandre, du crapaud, de rats et de souris très-jeunes, ainsi que ceux de l'organe qui chez la grenouille est appelé *vessie*, offrent ces irrégularités diverses de mouvement que nous venons de signaler, et qu'on serait tenté, au premier abord, d'attribuer à un mouvement spontané des globules. Ces anomalies de mouvement, comme on le voit facilement, sont dues à la présence de cette couche immobile qui tapisse l'intérieur des vaisseaux capillaires, et dans laquelle pénètrent plus ou moins les globules.

ζ. Poursuivons l'examen de ces irrégularités de mouvement dans les capillaires ; il s'agit d'une partie des capillaires du mésentère d'une grenouille, dans laquelle on observait la circulation depuis plus d'une heure (fig. 1, Pl. I); nous avons fait les remarques suivantes : — Toutes les fois que des capillaires contiennent un plus grand nombre de globules que leurs voisins, ils sont le siége d'une vitesse beaucoup moindre, il y a lenteur extrême déterminée par le contact immédiat des globules avec la couche immobile ; en outre, à cette lenteur succède bientôt une accumulation des globules dans ces vaisseaux, et il y a repos. — Ce phénomène a lieu surtout, quand le cœur offre dans ses contractions une force moins considérable, quand un certain temps s'est écoulé depuis le commencement de l'expérience. Au contraire, lorsque le cœur a toute sa force, que l'animal n'est point affaibli, la vitesse dans les capillaires est beaucoup plus considérable, les accumulations de globules ont lieu plus rarement, et chaque globule doué d'une grande vitesse ne se meut qu'au centre des vaisseaux, qui paraissent alors contenir un moins grand nombre de globules.

Ainsi, à cause de la présence de cette couche immobile, la circulation capillaire exige, pour s'effectuer avec facilité, dans la force qui meut le sang, une certaine intensité, au-dessous de laquelle il y a gêne, lenteur, accumulation des globules dans les capillaires, et enfin repos.

Quelquefois, ainsi que nous en avons été témoin dans le mésentère qui est sous nos yeux, il se fait, par les causes que nous venons de signaler, une agglomération de globules en *cd, ab, ef,* il y a repos dans *abcdef*, et la circulation qui avait lieu dans le sens indiqué par ce signe ⟹——→, continuant à se faire dans les autres vaisseaux, a lieu dans le sens indiqué par le signe ⟹——→'. — Mais les globules agglomérés en *cd, ab, ef,* éprouvant un petit ébranlement à chaque contraction du cœur, au bout de quelques minutes, quelquefois après un plus long temps, cet ébranlement changeant peu à peu la disposition respective des globules, quelques-uns se dégagent, et le vaisseau, bientôt désobstrué, est le siége

d'un mouvement aussi vite qu'avant l'agglomération. Pendant cinq quarts d'heure nous avons vu, à quatre reprises différentes, le cours du sang changer dans ces vaisseaux capillaires par suite de l'agglomération des globules dans l'un d'eux. Disons aussi qu'il est rare que l'accumulation des globules dans un vaisseau capillaire n'entraîne pas peu après, et pour un temps plus ou moins long, celle des vaisseaux capillaires les plus voisins.

η. Nous allons rapporter nne observation faite sur le mésentère d'une souris blanche âgée de vingt jours : — température, 25° centigrades. A est un tronc artériel qui donne naissance à deux branches B et C (fig. 3, Pl. III); mais de la branche C, chose assez rare, naît directement un vaisseau capillaire, charriant tout au plus deux globules de front, et qui va alimenter un réseau capillaire placé entre les branches B et C. Nous remarquons, ainsi que l'a dit Haller, que la vitesse des globnles dans ces capillaires est plus petite que dans les branches artérielles B et C; mais ici nous ne pouvons plus dire, avec tous les physiologistes, comme lorsqu'il s'agit du système capillaire en général, que ce système offrant une capacité beaucoup plus grande que les systèmes artériel et veineux, la vitesse du sang doit être plus petite dans les capillaires que dans les artères et les veines, puisque les capillaires HKEFG naissent immédiatement des artères. Mais dès qu'un globule venant de C entre dans HK, là il se trouve entre deux couches de sérum, lesquelles, par leur voisinage des parois des vaisseaux, ont une vitesse beaucoup plus faible que celles du vaisseau C, dont le diamètre est vingt fois plus considérable; ce globule dans son mouvement est tout à fait soumis à la vitesse des filets fluides qui l'environnent; aussi en offre-t-il une plus petite que celle qu'il avait dans le vaisseau C, toutes choses étant égales d'ailleurs.

θ. Deux vaisseaux capillaires *i* et *l* (voyez fig. 1, Pl. I) apportent leurs globules dans un autre *g*, qui débouche immédiatement dans la branche veineuse anastomotique RTV; quelquefois deux globules se présentent à la fois à l'entrée du capillaire *g*: l'un d'eux s'arrête, oscille, tandis que l'autre parvient dans *g*; il

arrive fréquemment que le premier oscille un grand nombre de fois avant de s'engager dans *g*; quelquefois le courant de *i h* vers *g* devenant plus considérable, les globules de *h l* oscillent, et le courant change momentanément de directiou. Ces changements de direction des courants dans les capillaires, ces irrégularités de mouvement, viennent de la grande facilité des globules à s'y agglomérer, par suite de la cause signalée plus haut; de là la différence si grande dans la vitesse des uns et des autres, et les anomalies de mouvement dont nous sommes témoin. Nous ne pensons pas devoir adopter pour les expliquer, soit une action directe des vaisseaux capillaires, qu'il est impossible de constater, soit un organisme particulier dans les globules, en vertu duquel ils seraient considérés comme des infusoires ayant en eux quelque chose d'individuel, ainsi que l'admet M. Dœllinger[1].

ι. Les changements de sens du courant, les anomalies de mouvement, que présentent les larges anastomoses artérielles et veineuses, sont pour nous la représentation, mais sur une plus grande échelle, des irrégularités de mouvement que nous offrent les capillaires. Aussi, qu'il nous soit permis de nous arrêter un instant sur les diverses phases de mouvement que nous avons observées dans l'anastomose veineuse RSTUV, appartenant aux veines 6 et 6' d'un mésentère de grenouille. (Voyez fig. 1, Pl. I.) Le sang est amené dans cette anastomose par le rameau Z, charriant quatre à cinq globules de front, et le capillaire *g*, dont la circulation est assez variable, ainsi que nous venons de le voir; tantôt cette anastomose contient beaucoup de sang, tantôt les globules qu'on y remarque sont rares. Au moment de l'observation, les globules fournis par le rameau Z se rendent à droite et à gauche vers V et R; ceux du capillaire *g* se rendent à gauche vers R; mais peu de temps après, les rapports entre l'intestin et le mésentère ayant changé par suite d'un mouvement de l'animal, tous les globules de V et de Z se portent vers R; dans d'autres cas, au contraire, les globules de Y, *g* et Z, vont vers V, et passent par X. On

[1] *Journal du Progrès*, t. IX, p. 35.

peut ainsi provoquer ces différents courants en comprimant avec une pince, par exemple, l'intestin qui correspond aux vaisseaux qu'on examine, ou bien seulement en le déplaçant dans un sens ou dans un autre, ou bien encore en appliquant des obstacles sur l'un des troncs veineux 𝛽 ou 𝛽', etc. Il arrive que les globules fournis par le capillaire *g* sont en très-grand nombre; alors ils se jettent à gauche vers R, et ceux de Z se portent à droite; les globules du capillaire *g*, lancés contre la paroi opposée du vaisseau, s'enfoncent dans la couche immobile de sérum, et sont privés de mouvement; la moitié du vaisseau R est très-transparente, et ce n'est que dans l'axe qu'il y a progression; il en est de même des globules fournis par Z; vers la paroi V point de mouvement, mais seulement dans l'axe du vaisseau: quant à la portion ST de l'anastomose, il n'y a plus de partie transparente, et les globules sont momentanément en repos. Ces phénomènes divers de mouvement ont alterné à plusieurs reprises. Dira-t-on que ces *masses de globules,* qui vont les unes à droite, les autres à gauche, qui quelquefois ne se meuvent pas, sont douées d'*un organisme particulier,* auquel elles devraient ces diverses phases de mouvement?

Ainsi, quoique le cours du sang dans les capillaires soit soumis à une cause unique, qui est l'action du cœur, cette circulation offre dans un conrt espace de temps des irrégularités remarquables de mouvement, qui pourraient faire supposer à ces vaisseaux ou aux globules un rôle qu'ils ne jouent pas réellement. *Mais toutes ces anomalies de mouvement sont subordonnées à l'arrangement des globules entre eux, et à leur disposition à l'égard de la couche immobile de sérum qui tapisse intérieurement les parois des vaisseaux.*

x. Dans les gros vaisseaux, les globules les plus éloignés de l'axe baignent dans un sérum dont le mouvement est très-lent, tandis que ceux placés dans le voisinage de l'axe ont une vitesse très-considérable; mais ces derniers globules, en passant dans des vaisseaux de calibre de plus en plus petit, parviennent bientôt dans les capillaires, où alors ils sont *tous forcés* de traverser une masse

de sérum dont le mouvement est retardé par l'affinité qui s'exerce entre ce liquide et les parois des vaisseaux. Ces deux circonstances, la présence de cette couche immobile de sérum à la surface intérieure des vaisseaux capillaires, le contact prolongé des globules avec ce sérum immobile, ne seraient-elles pas propres à nous éclairer sur l'accomplissement d'un des actes les plus importants de l'économie : la nutrition? Quelques travaux récents de M. J. Muller ont en effet démontré que la fibrine se trouvait dissoute dans le sérum.

Examinons maintenant l'influence de la température sur cette couche; comme son existence vient de l'affinité qui s'exerce entre les parois des vaisseaux et le sérum, c'est avec raison que nous avons cru devoir faire cet exameu, ainsi que le lecteur va bientôt s'en convaincre. Nous verrons ensuite si cette couche immobile de sérum varie d'épaisseur sous l'influence d'une pression ambiante plus ou moins considérable.

§ III. — Action du froid et de la chaleur sur la circulation capillaire.

EXPÉRIENCE PREMIÈRE.

Température, 24° centigrades. Nous préparons le mésentère d'une grenouille comme nous l'avons dit dans le chapitre précédent : la circulation se fait très-bien dans les artères, les capillaires et les veines.

a. On met de petits morceaux de glace sur le mésentère. — Au bout de quelques minutes : dans les artères et dans les veines, les globules en contact avec la partie transparente du vaisseau ont un mouvement de rotation plus prononcé, et leur mouvement de traslation a en même temps diminué de vitesse ; quant aux capillaires visibles, la circulation est arrêtée dans beaucoup d'entre eux; quelques-uns sont le siége d'un mouvement très-lent. — On enlève la glace; et à peine quelques minutes se sont-elles écoulées, que les vaisseaux capillaires dans lesquels il n'y avait plus de circulation,

par le contact de la glace, offrent des mouvements qui s'effectuent bientôt comme avant l'application du réfrigérant.

ϵ. On répand sur le mésentère une couche d'eau à 40° centigrades, de trois millimètres environ d'épaisseur, et la vitesse des globules devient si grande dans les capillaires, qu'on peut à peine distinguer leur forme; cette vitesse est presque égale à celle des globules de l'axe dans les artères; la vitesse dans les veines paraît aussi augmentée.

EXPÉRIENCES DEUXIÈMES.

α. La température est 22° centigrades. Nous épinglons sur la lame de liége un chat âgé de deux jours; nous ouvrons l'abdomen, et un beau mésentère se présente à nous: dans les artères et les veines, d'un diamètre de huit à dix globules de front, les parois sont trop épaisses pour laisser voir leur intérieur; mais dans les bifurcations de ces vaisseaux, près de l'intestin, les parois sont plus minces et permettent de voir la circulation. — La vitesse des globules dans les capillaires est moins considérable que dans les artères et les veines, ainsi qu'on le remarque dans les jeunes rats et souris. — Quelques vaisseaux capillaires, par suite du transport du mésentère, de l'abdomen au sein de l'atmosphère, où la température est plus basse, offrent un mouvement très-lent de leurs globules. — On met de petits morceaux de glace sur le mésentère; au bout de quelques secondes, une minute au plus, des vaisseaux, artères et veines qui *charriaient deux ou trois globules de front, ne donnent bientôt passage qu'à une seule rangée de globules*, et l'espace transparent de sérum a triplé d'épaisseur; ces mêmes vaisseaux, malgré l'action du froid, ne paraissent pas avoir diminué de volume. — Dans les capillaires, la circulation, d'abord ralentie, s'arrête bientôt entièrement. — On enlève la glace, et les artères et les veines dont nous venons de parler laissent de nouveau passer deux ou trois globules, comme avant son action, et la circulation se rétablit dans les vaisseaux capillaires, où elle s'était arrêtée sous la même in-

fluence. — On prend une autre partie du mésentère, et la cessation de la circulation dans les capillaires, par la présence de la glace, et son rétablissement en son absence, se reproduisent avec la même constance.

6. Nous répétons la même expérience sur un crapaud; la température du lieu est 25° centigrades, et les phénomènes que nous venons de décrire se succèdent dans les mêmes circonstances. On met une couche d'eau sur le mésentère; on y place l'extrémité d'une lame de fer, l'autre extrémité est en contact avec la flamme d'une bougie; au fur et à mesure que la température de l'eau répandue sur le mésentère s'élève, on voit la vitesse des globules dans les capillaires devenir de plus en plus grande; la vitesse moyenne des artères et des veines nous paraît en même temps augmentée. Mais la chaleur portée dans la couche d'eau étant devenue assez grande pour en faire entrer une partie en vapeur, alors il y a repos dans les capillaires; on remarque des îles formées par l'agglomération des globules, qui se meuvent dans les artères et les veines, et avec une lenteur extrême; ces îles de globules présentent de petites oscillations; leur amplitude diminue de plus en plus, et bientôt il y a repos : mais ici, la température ayant été portée aussi haut, le repos dans les capillaires, la formation des îles de globules dans les artères et les veines, sont le résultat de la coagulation de l'albumine du sang par la chaleur.

Remarque. Comme on le savait depuis longtemps d'après Hales[1] et Haller, l'action d'une température élevée, comme celle d'une température basse, sur un point du corps, modifie beaucoup la circulation dans ce point; la modification, ainsi qu'on vient de le voir, est loin d'être aussi remarquable dans les artères et les veines qui correspondent aux vaisseaux capillaires observés. Cette influence du froid et de la chaleur appliqués à une partie du corps se fait seutir sur tout le système circulatoire, mais à un degré beaucoup plus faible. L'expérience suivante mettra cette vérité dans tout son jour.

[1] *Hémastatique*, traduit par Sauvages. Genève, 1744.

EXPÉRIENCE TROISIÈME.

Des fils sont attachés aux extrémités des doigts d'une patte de grenouille; cette patte est placée, à l'aide de morceaux de liége appuyant sur les fils, au fond d'une petite auge; cette auge entre à frottement dans une ouverture pratiquée à la lame de liége sur laquelle est épinglée la grenouille; l'autre patte postérieure est fixée de manière à y voir la circulation en même temps qu'on l'examine dans la première, disposée dans l'auge. — La température du lieu est 25° centigrades. La circulation dans l'une et l'autre patte se fait très-bien. — On met des morceaux de glace dans l'auge; la vitesse des globules, dans les capillaires de la patte qui y est placée, diminue de plus en plus; celle des artères et des veines est aussi moins grande; au bout de cinq minutes, quelques vaisseaux capillaires n'offrent plus de mouvement, et les artères sont le siége d'un mouvement saccadé des globules, que leur grande vitesse empêchait d'apercevoir avant l'action de la glace; la circulation dans l'autre patte, au sein de l'atmosphère, est aussi vite, dans les trois ordres de vaisseaux, qu'avant l'application de la glace sur la première patte. — Dix minutes plus tard, la circulation est arrêtée dans un grand nombre de capillaires de la patte plongée dans l'eau glacée; un petit nombre de capillaires donnent encore passage aux globules, mais le mouvement est d'une lenteur extrême; la partie transparente des artères et des veines a sensiblement augmenté d'épaisseur, et la vitesse moyenne dans ces vaisseaux est en même temps beaucoup plus petite. — L'autre patte placée dans l'atmosphère offre, dans les artères, les veines, et surtout dans les capillaires, une vitesse moins considérable que précédemment, et cela à cause de l'abaissement de température de toute la masse du sang, par le séjour dans l'eau glacée, pendant plus d'un quart d'heure, du tarse et de la jambe du côté opposé: *néanmoins la fréquence des pulsations du cœur n'a pas diminué.* — On enlève la glace, et la circulation dans les capillaires, les artères

et les veines de la patte soumise à l'action du réfrigérant se rétablit peu à peu, et récupère sa vitesse normale au bout de six à huit minutes. — Oo met dans l'auge de l'eau à 38° centigrades, alors la vitesse des globules dans les capillaires devient si grande qu'il est impossible de distinguer leur forme ; daos les artères, les globules qui sont en contact avec la partie transparente du vaisseau ont une vitesse plus considérable. — L'autre patte, dans l'atmosphère, n'offre pas une circulation plus vite dans les cinq premières minutes de l'application de l'eau chaude ; bientôt la circulation dans les capillaires est beaucoup moins lente, mais n'est nullement à comparer à la vitesse des globules des capillaires de la patte de l'auge.

Cette expérience, répétée cinq fois sur des grenouilles, offrit les mêmes résultats.

EXPÉRIENCE QUATRIÈME.

La vessie des rats qui viennent de naître est ordinairemeot pleine d'urine ; cette urine est d'une limpidité parfaite, et comme les parois de la vessie à cet âge sont très-minces, et par là très-transparentes, cet organe est on ne peut plus favorable aux observations microscopiques. (Voyez fig. 1, Pl. III.)

α. Température, 27° centigrades. Sur un rat âgé de quelques jours nous mettons en évidence, par une incision faite à l'abdomen, et la vessie et les vaisseaux du méseotère ; de sorte qu'on peut en même temps observer la circulation dans ces deux parties à la fois. — On *promène* de petits morceaux de glace sur la surface de la vessie ; le cours des globules est arrêté dans les capillaires touchés par la glace au bout de dix à quinze secondes ; la vitesse, dans les artères et les veines correspondant aux capillaires observés, est considérablement diminuée ; quant à la circulation dans le mésentère, après ce court laps de temps, elle ne paraît pas avoir éprouvé de modification. — On enlève la glace, dont le contact avec les parois de la vessie avait été au plus d'une demi-minute, et les pul-

sations du cœur se font aussitôt sentir dans les capillaires : il y a bientôt ébranlement général de tous les globules ; à la faveur de cet ébranlement, la circulation commence à se faire très-lentement dans le vaisseau capillaire *abcd*, par exemple (fig. 2, Pl. III); les oscillations augmentent d'amplitude dans *befgc* et dans *fhid;* une minute après, la circulation est plus vite dans *abcd;* elle commence à s'établir dans *befgc*, et bientôt aussi dans *fhid*, et cette circulation dans les capillaires, où, par suite de l'action du froid, il y avait repos, ne récupère sa vitesse normale qu'au bout de huit minutes. Il est inutile de faire remarquer ici que les petites oscillations qu'on observe dans les capillaires, après l'ablation de la glace, viennent des contractions du cœur, et que le rétablissement de la circulation est dû à l'influence exclusive de cet organe. La circulation dans le mésentère continuant à se faire comme dans l'état normal, la suspension de la circulation dans la vessie ne peut être due qu'à l'action du réfrigérant.

6. L'action de la glace, dans les mammifères, se fait beaucoup moins attendre que dans les batraciens; ainsi, dans nos jeunes rats, un contact de dix à quinze secondes suffit pour déterminer le repos dans un grand nombre de capillaires; dans les grenouilles il faut six à huit minutes. Il y a aussi une grande différence au sujet du rétablissement de la circulation; il se fait plus longtemps attendre chez les mammifères, et même, quand le contact de la glace a été prolongé pendant six à huit minutes, quelquefois moins, le nombre des capillaires où la circulation ne se fait plus est si considérable, qu'il faut attendre un très-long temps avant qu'elle se rétablisse en l'absence de la glace, et très-souvent le repos persiste dans les capillaires jusqu'à la mort de l'animal. C'est pourquoi lorsqu'on étudie la circulation capillaire dans une atmosphère dont la température est au-dessous de 10° centigrades, sur une souris, un rat, par exemple, voit-on un grand nombre de capillaires ne plus offrir de mouvement dès que le mésentère est sorti de l'abdomen. Aussi ces expériences ne peuvent-elles être faites avec fruit qu'à une température ambiante de 25 à 30° centigrades.

La circulation capillaire examinée dans les batraciens, la température de l'atmosphère n'étant que de quelques degrés au-dessus de zéro, offre, toutes choses égales d'ailleurs, une vitesse plus petite que lorsqu'on l'étudie à une température de 20 à 25°, par exemple. Il en est de même de la lenteur extrême de la circulation, dans la queue des têtards de grenouille (l'air ambiant étant à 20 et quelques degrés) qu'on plonge dans une auge contenant de la glace fondante; mais, dans ce cas, nous avons remarqué que *la fréquence des battements du cœur,* sans doute par le passage brusque de tout le corps de l'animal, d'une haute température à celle de 1 à 2°, *devenait beaucoup moindre;* aussi cette expérience, isolée, sans l'appui de l'expérience précédente, serait-elle loin d'être concluante, quant à l'action du froid sur la circulation capillaire dont il vient d'être question.

Des expériences précédentes nous concluons que la vitesse du sang dans les capillaires d'une partie du corps est éminemment influencée par la température de cette partie, qu'elle tend à diminuer, et qu'elle finit par s'arrêter, dans les points soumis incessamment à une température de 0, 1°, 2°, 6° C.; qu'au contraire la vitesse devient plus grande quand la partie est placée dans un milieu dont la température excède celle de l'atmosphère; que par le séjour prolongé d'une portion du corps dans un milieu froid (expérience 3e), toute la masse du sang éprouvant un abaissement de température, la circulation des capillaires des autres points du corps devient aussi plus difficile, s'effectue avec plus de lenteur.

Comme dans toutes ces expériences les vaisseaux capillaires n'ont point changé sensiblement de volume, comme leur diamètre est resté constant, quel que soit le degré indiqué par le thermomètre, nous pensons qu'on doit attribuer le repos des globules à l'augmentation, par le froid, de l'épaisseur de la couche immobile de sérum qui tapisse intérieurement ces vaisseaux; et leur plus grande vitesse, à la diminution de l'épaisseur de cette même couche par l'élévation de la température; en effet, comme l'existence de cette couche immobile vient de l'affinité des parois des vaisseaux pour

le liquide qu'ils contiennent, puisqu'elles en sont mouillées, cette couche doit augmenter par le froid et diminuer par la chaleur, puisque la première de ces circonstances augmente l'affinité, et que la seconde la diminue. Ce que nous venons de dire au sujet de l'épaisseur de la couche immobile à la surface interne des vaisseaux pourrait aussi s'appliquer à l'atmosphère de sérum qui entoure chaque globule.

Ces résultats obtenus dans les vaisseaux des animaux s'accordent avec ceux de M. Girard [1], sur l'écoulement plus ou moins vite des liquides à travers des tubes capillaires inertes, susceptibles d'en être mouillés, selon que la température augmente ou diminue.

Si ce mémoire, tout physiologique, nous permettait quelques réflexions du domaine de la médecine, nous pourrions dire que dans les saisons où le froid est le plus grand, *toutes choses égales d'ailleurs*, la circulation dans le système capillaire se fait plus difficilement que dans les saisons chaudes; de là les inflammations aussi nombreuses dans les premières qu'elles sont rares dans les dernières; que le rhumatisme d'une partie du corps doit sans doute son existence à l'arrêt des globules, par suite du froid produit par l'évaporation de la transpiration, lorsque cette partie a été exposée à un courant d'air, etc.; mais ces considérations trouveront leur place dans un travail dont nous nous occupons maintenant, qui aura pour titre, *de l'Inflammation*, et dans lequel la plupart des phénomènes seront appuyés sur nos connaissances physiologiques.

§ IV. — La pression ambiante n'a aucune influence sur la circulation capillaire.

On sait que certains animaux, tels que les poissons et quelques mammifères amphibiens, dans leurs excursions au sein des mers, se trouvent quelquefois placés à une distance de la surface de l'eau de quatre-vingts mètres et plus [2]; ils supportent alors une pression

[1] Mémoire lu à l'Académie des Sciences le 12 janvier 1817, *sur l'écoulement linéaire de diverses substances liquides par des tubes capillaires de verre.*

[2] Quelques auteurs, et en particulier M. Biot, portent cette distance à plus de 800 mètres.

qui va jusqu'à sept et huit atmosphères. Il était donc important de savoir si alors cette couche immobile de sérum augmentait d'épaisseur, et en même temps de voir les modifications que pouvait éprouver le cours du sang dans les capillaires, sous une telle pression.

Nous avons, dans ce but, fait construire un appareil auquel nous avons donné, d'après ses usages, le nom de *porte-objet pneumatique*. (Voyez fig. 1, Pl. VI.) Cet appareil consiste en une boîte en cuivre, de 14 centimètres de longueur, sur 83 millimètres de hauteur et 65 de largeur; les parois latérales ont 14 millimètres d'épaisseur; les parois supérieure et inférieure sont percées, chacune, de trois ouvertures rectangulaires fermées par des glaces de 3,5 millimètres d'épaisseur; ces glaces sont encastrées dans des rainnres qu'offrent les parois latérales, supérieure et inférieure. L'une des extrémités de cette boîte porte un tuyau en cuivre recourbé, qui reçoit, à son extrémité supérieure, tantôt un manomètre à air comprimé, gradué jusqu'à vingt atmosphères, tantôt un tube barométrique à siphon; l'extrémité opposée présente une ouverture qui sert à introduire les animaux dans l'appareil. Cette ouverture circulaire, de 35 millimètres de diamètre, reçoit une vis percée à son centre, et qui est en communication avec un ajutage muni d'un robinet; sur cette dernière pièce se visse ou une pompe foulante ou une pompe aspirante. Cette courte description suffit pour faire connaître l'usage que nous allons faire de cet appareil. (Voir, pour plus de détails, l'explication de la planche VI.) L'addition d'une pompe aspirante et du tube barométrique nous permettra d'examiner la circulation dans un milieu de quelques centimètres de pression, ainsi que l'a fait Spallanzani[1], qui a gardé, à ce sujet, un silence complet sur les moyens qu'il a employés.

Les animaux que nous avons examinés sont des salamandres, de petites grenouilles, des têtards de ces deux genres de batraciens, des souris blanches et de très-jeunes rats. Les têtards de gre-

[1] L. C. p. 299.

nouilles et de salamandres sont fixés dans une petite auge, et cette auge, introduite dans l'instrument, y est maintenue près de la paroi supérieure, par des morceaux de liége entrant à frottement dans l'intérieur de l'appareil; les salamandres, les petites grenouilles, les souris et les jeunes rats sont préparés sur des lames de liége, comme nous l'avons déjà dit, pour examiner leur circulation dans le mésentère. L'animal introduit dans l'instrument, on fait cesser toute commnnication avec l'atmosphère, soit en adaptant à la boite le tube de Mariotte et en même temps la pompe foulante, ou bien le tube barométrique et la pompe aspirante. L'appareil est ensuite placé sur la table horizontale du microscope qui sert à recevoir les objets qu'on examine, et alors, faisant jouer la pompe foulante, la pression de l'air intérieur augmente de plus en plus, et on est témoin, à l'aide du microscope, des phénomènes auxquels peut donner lieu une pression de plus en plus considérable; si, au contraire, on se sert de la pompe aspirante, on observe les phénomènes correspondant à une pression de plus en plus petite.

EXPÉRIENCES CINQUIÈMES.

a. Une salamandre préparée de manière à examiner la circulation dans le mésentère est introduite dans l'appareil; on y adapte la pompe foulante et le tube de Mariotte. — L'instrument placé sur le porte-objet du microscope, on examine de nouveau la circulation dans les artères, les capillaires et les veines, afin de prendre une idée exacte du mode de circulation. — On fait jouer la pompe foulante, et, par l'indication donnée par le manomètre, on a bientôt deux, trois, quatre atmosphères de pression; la circulation dans les capillaires ne paraît éprouver ni *retard* ni *accélération;* il en est de même du cours du sang dans les artères et les veines. On fait de nouveau jouer le piston de la pompe foulante, on obtient une pression de sept atmosphères, et les circulations précédentes ont lieu comme au sein de l'atmosphère. — On ferme

le robinet; on enlève la pompe foulante; il y a toujours dans l'instrument une pression de sept atmosphères; on ouvre tout à coup le robinet: l'air sort avec violence de l'instrument; d'une pression de sept atmosphères on descend subitement à la pression ambiante, et aucune modification n'est produite dans la circulation par ce passage instantané d'une haute pression à celle de l'atmosphère.

6. Nous remplaçons le manomètre par le tube barométrique, nous faisons jouer le piston de la pompe aspirante; la pression de l'intérieur de l'appareil diminue de plus en plus, et la circulatiou dans le mésentère, sous une pression seulement de trois centimètres de mercure, se fait comme dans l'atmosphère, comme précédemment, sous une pression de cinq cent quarante centimètres de mercure : ce dernier résultat coïncide avec celui des expérieuces 16, 17 et 18 de Spallanzani[1], faites dans le vide de la machine pneumatique, sur des lézards, des grenouilles et des salamandres; mais ces expériences répétées sur les mammifères, ainsi que nous allons le voir, donnent lieu à des conséquences importantes sur le rôle que jouent les mouvements respiratoires dans la circulation.

7. Un têtard de grenouille et de salamandre, et de petites grenouilles sont placés dans l'instrument, et la circulation étudiée dans la queue du têtard et la patte de la grenouille reste la même, la pression variant de deux centimètres à cinq cent soixante centimètres de mercure. Peut-être la vitesse dans les capillaires de la queue de quelques têtards est-elle un peu moins considérable sous la haute pression de six cents centimètres de mercure, mais nous n'oserions pas l'affirmer.

EXPÉRIENCE SIXIÈME.

Des expériences de Buffon, répétées dans ces derniers temps par M. Edwards[2], nous ont démontré que les jeunes mammifères, dans les premiers jours qui suivent leur naissance, peuvent rester

[1] L. C. p. 299 et 300.
[2] *De l'Influence des agents physiques sur la vie.* Paris, 1824.

des heures entières sans respirer; nous avons profité de cette circonstance pour examiner dans ces animaux l'influence que pouvait avoir une très-faible pression ambiante, ainsi que l'absence des mouvements respiratoires sur la circulation.

α. On prépare le mésentère et la vessie d'un rat âgé de deux jours, et l'animal, disposé sur une lame de liége, est introduit dans l'appareil; la circulation se fait très-bien partout. — A l'aide de la pompe foulante on détermine une pression de plus en plus grande: rien de nouveau dans la vitesse du sang des artères, des capillaires et des veines; on va jusqu'à une pression de six atmosphères et demie : l'animal est sous cette haute pression depuis *une heure*, et pendant ce laps de temps on ne découvre aucun changement dans la circnlation; le résultat est le même en passant brusquement de cette haute pression à celle de l'atmosphère ambiante. — On remplace la pompe foulante et le manomètre par *la pompe aspirante et le tube barométrique*. On fait le vide dans l'intérieur de l'instrument, et quoique la pression ne soit plus qne de deux à trois centimètres de mercure, la circulation offre le même rhythme que sous la pression de cinq à six atmosphères, et cela depuis une heure que l'animal se trouve dans l'appareil. Jamais nous n'avons constaté d'hémorrhagie chez ces jeunes animaux ainsi placés dans le vide; aussi pensons-nous que les accidents qui peuvent naître chez les personnes qui atteignent le sommet des plus hautes montagnes, qui s'élèvent au sein de l'atmosphère, résultent plutôt des phénomènes de la respiration que de la circulation. Le voyage aérostatique de M. Gay-Lussac nous confirmerait, s'il en était besoin, dans cette manière de voir.

Cette dernière expérience, que j'ai répétée un grand nombre de fois devant M. le docteur Behn, de Keil, nous démontre combien est illusoire l'opinion des physiologistes qui pensent que sans pression atmosphérique toute circulation est impossible; en outre, comme dans le vide les mouvements respiratoires sont nuls, les mouvements d'inspiration et d'expiration ne sont pas plus que la pression atmosphérique des causes indispensables de la circula-

tion ; mais, ainsi que l'ont prouvé les faits rapportés par M. Magendie, et les expériences, faites par une tout autre voie, que nous avons décrites dans notre Mémoire sur la Circulation veineuse, la pression atmosphérique, concurremment avec les mouvements respiratoires, sont des causes accessoires du cours du sang et dans les veines et dans les artères.

6. Si, au lieu de prendre un très-jeune rat, on met dans l'instrument une souris âgée de trois semaines, par exemple, sous une haute pression, on ne remarque, comme précédemment, aucune modification dans la circulation ; mais lorsqu'on fait le vide dans l'appareil, à peine la pression est-elle réduite à douze centimètres de mercure, que la vitesse dans les artères, les capillaires et les veines devient moins considérable : et si on continue de faire le vide, il y a bientôt oscillation des globules dans ces trois ordres de vaisseaux, et ensuite arrêt dans les capillaires, sens rétrograde dans les artères, ainsi que nous l'avons vu précédemment dans le chapitre II, lorsque le cœur cesse de se contracter, par suite de la mort de l'animal, ici, au sein d'une atmosphère qui ne peut suffire à l'hématose.

Des expériences précédentes il résulte, que la couche immobile de sérum a une épaisseur indépendante de la pression ambiante; que les contractions du cœur conservent leur rhythme normal, quelle que soit cette pression; de là l'intégrité de la circulation, toutes choses égales d'ailleurs, chez les animaux qui, par la nature du milieu qu'ils habitent, supportent une pression plus ou moins considérable; intégrité dont nous n'aurions pu, *à priori*, soupçonner l'existence, sans les expériences que nous venons de rapporter.

Plusieurs tubes de chara, placés dans cet appareil, ont aussi présenté le même mode de circulation, sous des pressions qui ont varié de trois centimètres à six cents centimètres de mercure; et les mouvements de quelques infusoires contenus dans l'eau du chara, tels que *vorticelles, rotifères, vibrions*, etc., s'exécutaient avec la même facilité qu'au sein de l'atmosphère.

On peut, à l'aide du porte-objet pneumatique, déterminer l'influence qn'ont certains milieux sur la circulation; ainsi, nous avons vu les actions toutes diverses de l'acide carbonique, de l'hydrogène sulfuré, et d'autres gaz; mais ces observations feront l'objet d'un nouveau mémoire.

NOTES.

(*a*) M. J. Muller, de Berlin, a vu, sur la membrane interdigitale d'une patte de grenouille séparée de l'animal, ce resserrement des vaisseaux, au fur et à mesure de l'écoulement du sang par les extrémités ouvertes des artères et des veines; il dit (*Traité de Physiologie de Burdach,* traduit de l'allemand, sur la 2e édition, par A. J. L. Jonrdan, tome VI, page 345; 1837): «.....à mesure que les «vaisseaux perdent leur sang, ils se resserrent par l'effet de leur *élasticité*, et «s'affaissent par celui de la *pression atmosphérique*, tandis qu'auparavant ils «étaient distendus par l'impulsion du liquide; aussi voit-on leur diamètre diminuer «à proportion que le mouvement s'affaiblit.» Nous ne saurions admettre avec ce célèbre physiologiste cette autre cause du resserrement, de l'affaissement des petits vaisseaux, *la pression atmosphérique;* elle n'y a aucune part: car si elle s'exerce, comme cela est évident, à la surface des vaisseaux, elle a aussi lieu à leurs extrémités amputées, puisqu'elle agit dans tous les sens; ainsi l'effet qu'elle produit à la surface des vaisseaux est annulé par celui qu'elle exerce à leurs extrémités. La cause invoquée par M. J. Muller existerait si les extrémités ouvertes des vaisseaux étaient dans le vide, et leur surface au sein de l'atmosphère. Aussi persistons-nous à dire que le retrait des vaisseaux vers leur axe, quand ils cessent d'être distendus par le sang, n'est pas même dû à une élasticité comparable à celle des gros vaisseaux, et dont l'effet est instantané, mais à cette *faculté* qu'offrent les tuniques vasculaires, de revenir sur elles-mêmes lorsqu'elles ne sont plus incessamment distendues par le sang qui leur arrive du cœur; propriété, du reste, qu'elles partagent avec beaucoup de tissus de l'économie, tels que la peau, les poumons, etc.

(*b*) M. Hering, professeur à Heidelberg[1], après John Bell, a cru devoir admettre, comme conséquence de ses expériences sur la vitesse du sang, que *le cœur n'est pas l'agent moteur de la circulation du sang;* mais bien *un organe destiné à régler le mouvement circulatoire de ce liquide*, comme un pendule, un balancier est l'agent régulier de l'horloge, non la cause de son mouvement. Sans rappeler ici la *vis insita* du sang qu'il est obligé de ressusciter, nous dirons que, déterminer le rapport qui existe entre la fréquence des contractions du cœur, et la vitesse du sang dans les vaisseaux, est une question complexe; qu'il ne résulte nullement, des expériences faites jusqu'à présent, que *la vitesse du sang* dépende seulement du nombre des contractions du cœur, *soit étrangère à son volume, à l'épaisseur de ses parois, à sa capacité, enfin à l'énergie de ses contractions;* circonstances

[1] Tiedemann, *Zeitschrift fur Physiologie*, t. V, I. 1.

qui, prises isolément ou combinées entre elles, font varier la vitesse du sang, et que M. Hering a tout à fait négligées lorsqu'il a établi, et cela pour une série d'animaux (des chevaux), que *la vitesse du sang dans les vaisseaux devait être proportionnelle au nombre des contractions du cœur, si cet organe était l'agent de la circulation.* En supposant aux expériences ingénieuses de M. Hering toute l'exactitude qu'exigent des observations aussi délicates, elles nous démontrent seulement, qu'à égalité du nombre des contractions du cœur, dans le même temps, la vitesse de la circulation dans une même espèce d'animaux peut être fort différente, et *vice versâ;* proposition que l'observation microscopique du cours du sang avait établie, mais non avec l'exactitude que donnent les expériences de M. Hering.

(*c*) M. Weber, de Leipzig (*Archives d'anatomie et de physiologie de J. Muller,* 1837, page 267) soutient que cette partie transparente que nous venons d'étudier ne dépend pas des vaisseaux sanguins, mais bien des vaisseaux lymphatiques, qui, accolés les uns aux autres, formeraient par leur ensemble un cylindre circonscrivant de toutes parts les artères et les veines; de telle sorte que cette partie transparente qu'on voit de chaque côté de la colonne mouvante des globules des vaisseaux sanguins serait un des nombreux vaisseaux lymphatiques qui les entourent. Nous n'aborderons pas ici la question de savoir si, comme l'ont démontré les recherches de M. Panizza, sur les lymphatiques de *quelques gros vaisseaux sanguins* des amphibiens, les trois ordres de vaisseaux, artères, capillaires et veines, sont entourés d'un cylindre de vaisseaux lymphatiques. Cette question, toute neuve en anatomie, exige de nouveaux travaux, et n'a nullement, jusqu'à présent, pris place dans la science. Nous pourrions nous contenter de renvoyer M. Weber aux expériences et observations de notre Mémoire, (§ 1er du chapitre III), touchant l'étude particulière que nous avons faite de cette couche transparente; il verrait qu'elle fait exclusivement partie de la cavité des vaisseaux sanguins, qu'elle n'appartient pas aux vaisseaux lymphatiques, qu'elle ne tient pas à la fois de ces deux ordres de vaisseaux, comme d'autres auteurs l'ont pensé. Mais l'examen superficiel auquel il s'est livré n'exige, de notre part, que quelques mots pour mettre son erreur en évidence. — M. Weber reconnaît que *la plupart* des vaisseaux sanguins et *principalement les veines,* sont accompagnés de vaisseaux lymphatiques. — Or, nous n'avons fait aucune exception; nous avons montré que tout vaisseau, soit artériel, soit veineux, dont les parois sont assez minces pour laisser passer la lumière, offre l'espace transparent en question. — Il a vérifié l'existence de cette partie transparente sur la queue des têtards de grenouille : elle ne contenait que des globules sphériques très-rares et d'un mouvement très-lent, *jamais de globules sanguins.* Il ne peut admettre, *à priori,* que ces faibles mouvements des globules lymphatiques aient lieu dans la même cavité que les globules sanguins, dont la vitesse est si grande comparativement à la leur. — La partie transparente est bientôt envahie par les globules sanguins, si l'on circonscrit, par exemple, entre deux obstacles une portion d'artère ou de veine d'un mésentère de grenouille ou de souris (α et β, § 1er, chapitre III). — M. Weber admet toutes les phases

de mouvement des globules que nous avons aperçues dans cet espace transparent; il termine en disant : « On ne peut douter que M. Poiseuille ait observé le même « phénomène, croyant que la partie voisine des parois, dans les vaisseaux sanguins « les plus petits, est entièrement tranquille; il a cru que l'espace dans lequel se « trouve le mouvement lent était une partie des vaisseaux sanguins, et que le « liquide de la lymphe était du sang. » — Mais pourquoi M. Weber a-t-il négligé d'examiner cette couche transparente, dans les vaisseaux mésentériques des mammifères, chez de très-jeunes souris, chez des rats âgés de quelques jours? Là on ne rencontre avec les vaisseaux sanguins que des vaisseaux chylifères; et si l'animal observé a mangé depuis quelques heures, le chyle est loin d'avoir la limpidité de la lymphe, il est à demi transparent : ici, d'après la doctrine qu'il soutient, l'espace si diaphane qui avoisine la colonne mouvante des globules dans les artères et les veines ne s'offrirait plus, et cependant il se montre dans ces vaisseaux comme partout ailleurs; en outre, on voit, en même temps, le mouvement saccadé des globules dans les chylifères Est-il nécessaire de faire encore remarquer que cette couche transparente existe aussi dans les vaisseaux ramifiés des stipules du *ficus elastica* détachées de l'arbre, lorsque, par l'écoulement du liquide au dehors, un mouvement des globules a lieu dans ces vaisseaux.

Si M. Weber ne s'était pas ainsi borné à observer la queue des têtards, mais s'il avait considéré les vaisseaux mésentériques des mammifères, comme il est dit dans notre Mémoire, toute erreur de sa part eût alors été impossible, et nous n'aurions pas été conduit à rectifier les observations d'un physiologiste que l'Allemagne savante s'honore, à juste titre, de posséder.

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE I.

Fig. 1 et 2. Portion d'intestin grêle de grenouille; α, β; α', β', vaisseaux mésentériques correspondants. Grossissement de 30 à 40 diamètres.

Fig. 3. Vaisseaux capillaires avec leurs globules. Grossissement de 160 à 180 diamètres.

PLANCHE II.

Fig. 1'. Têtard de *salamandra exigua* (Rusc.) avec ses branchies, âgé d'un mois environ, et fixé dans une auge par une épingle à insectes traversant les chairs de la mâchoire inférieure. Grandeur naturelle.

Fig. 1. Partie terminale d'une branchie du têtard précédent; son corps et ses feuilles terminales au nombre de neuf, dans lesquels sont représentées les artères et les veines. On n'a mis qu'un petit nombre de globules pour ne pas surcharger la figure. Grossissement de 50 à 60 diamètres.

Fig. 2'. Têtard de *salamandra cristata* (Latr.) dont les branchies viennent de disparaître; *d*, l'un des poumons; BC, lame de liége sur laquelle est épinglé l'animal; *bc*, ouverture pratiquée à la lame de liége. Grandeur naturelle.

Fig. 2. Portion terminale du poumon *d* du têtard précédent. A, A, A... sont les artères; V, V, V... les veines. Grossissement de 50 à 60 fois. On n'a pas mis de globules pour ne pas surcharger la figure.

PLANCHE III.

Fig. 1'. Surmulot âgé de un à deux jours. D, sa vessie; BC, lame de liége sur laquelle on a épinglé l'animal; *bc*, ouverture pratiquée à la lame de liége. Grandeur naturelle.

Fig. 1. Vessie de l'animal précédent, dans laquelle on a représenté les artères, les veines, et les capillaires intermédiaires. Grossissement de 40 à 50 diamètres.

Fig. 2. Quelques capillaires de la vessie, vus avec un grossissement de 150 diamètres environ.

Fig. 3. Artères et capillaires d'un mésentère de jeune souris. Grossissement de 100 à 120 diamètres.

PLANCHE IV.

Fig. 1'. Patte de très-jeune grenouille. Grandeur naturelle.

Fig. 1. La patte précédente, vue avec un grossissement de 30 à 40 diamètres. On n'a pas mis de globules dans les artères, les veines et les capillaires correspondants, pour ne pas surcharger la figure.

PLANCHE V.

Fig. 1. Intestin et vaisseaux mésentériques d'une très-forte grenouille. DE, FG, lames de verre, supportées par une lame de liége I O, percée d'une ouverture rectangulaire.

Fig. 2, 3, 4, 5 et 6. Artères et veines de batraciens et de souris, pour servir surtout à l'étude de la couche transparente de sérum qui tapisse l'intérieur des vaisseaux.

PLANCHE VI.

Porte-objet pneumatique.

Fig. 1. L'appareil vu en élévation.

e f g h, boîte en cuivre ouverte supérieurement et inférieurement, dont le plan et la coupe sont représentés par les figures 6 et 7 de grandeur naturelle.

a b f e, *h g c d*, parois supérieure et inférieure, dans lesquelles se trouvent pratiquées trois ouvertures rectangulaires : le plan et la coupe de l'une d'elles sont représentés par les figures 8 et 9 de grandeur naturelle.

m m, tube en cuivre recourbé à angle droit, dont la cavité communique avec l'intérieur de la boîte; il est fixé à la paroi *e h* à l'aide de six vis *x*, *x*, *x*...; l'autre extrémité porte un pas de vis qui est reçu par le raccord *n*.

o p, tube de cuivre de plus petit diamètre que le précédent, recourbé en haut en demi-cercle; ses deux extrémités offrent une saillie circulaire soutenant les raccords *q* et *n*.

r y s z, planchette en poirier sur laquelle se trouvent deux échelles divisées en millimètres : à cette planchette est fixé un tube de verre *t u v*, recourbé et ouvert à ses deux extrémités, et contenant du mercure jusque vers le 400e millimètre. L'extrémité *v*, plus longue que l'autre, est fixée à un tube en cuivre *a'*, dont l'extrémité supérieure offre un pas de vis qui est reçu par le raccord *q*, quand on se propose de faire le vide dans la boîte : au contraire, s'adapte au raccord *q*, le manomètre à air comprimé, fig. 2, gradué jusqu'à 20 atmosphères, lorsqu'il s'agit d'une pression plus considérable que celle de l'atmosphère.

i, vis offrant une tête à pans hexagonaux, pénétrant dans la paroi *f g* de la boîte; cette vis est percée dans son axe d'une ouverture qui fait communiquer l'intérieur de la boîte avec la pompe foulante ou aspirante. Cette pièce est représentée en plan et en élévation en grandeur naturelle par les figures 10 et 11.

k, robinet s'adaptant à la vis précédente et recevant une pompe aspirante *l*, ou une pompe foulante, établissant ou rompant la communication entre l'intérieur de l'appareil et le corps de pompe.

Fig. 2. Manomètre à air comprimé; voyez plus haut.

Fig. 3 et 4. Clefs servant à serrer la pièce I contre la boîte, et les raccords *n* et *q*.

Fig. 5. Lame en plomb de 1 millimètre d'épaisseur, dans laquelle on a pratiqué trois ouvertures rectangulaires, semblables à celles des parois supérieure et inférieure de la boîte; il y en a une pour chacune de ces parois.

Fig. 6. L M K I, plan de la boîte privée de ses parois supérieure et inférieure. Q U V R, V R S Y, Y S T X, T X U Q, feuillures propres à recevoir les lames de verre de 3,5 à 4 millimètres d'épaisseur, lesquelles ferment la boîte supérieurement et inférieurement; ces glaces sont fixées dans ces feuillures à l'aide d'un mastic au minium, et y sont maintenues par les lames de plomb, *fig.* 5, contre lesquelles agissent les parois supérieure et inférieure de la boîte, à l'aide de vis allant de ces parois au corps de la boîte.

a, a, a...., trous taraudés, pour recevoir les vis qui doivent fixer les parois supérieure et inférieure et maintenir les glaces.

Fig. 7. E F G H, coupe de la boîte suivant la ligne O P.

Fig. 8. G H T R, plan de l'une des parois inférieure ou supérieure percée de trois ouvertures rectangulaires.

b b b...., ouvertures propres à recevoir les vis servant à fixer la pièce au corps de la boîte.

Fig. 9. A B F E, coupe suivant la ligne L M.

Fig. 10 et 11. Plan et élévation de la pièce *i* de la figure 1.

Les figures 1, 2, 3, 4 et 5 représentent l'appareil réduit au quart de la grandeur naturelle; celles 6, 7, 8, 9, 10 et 11 représentent les pièces avec leur vraie grandeur.

TABLE.

IMPRIMERIE ROYALE. — Mars 1839.

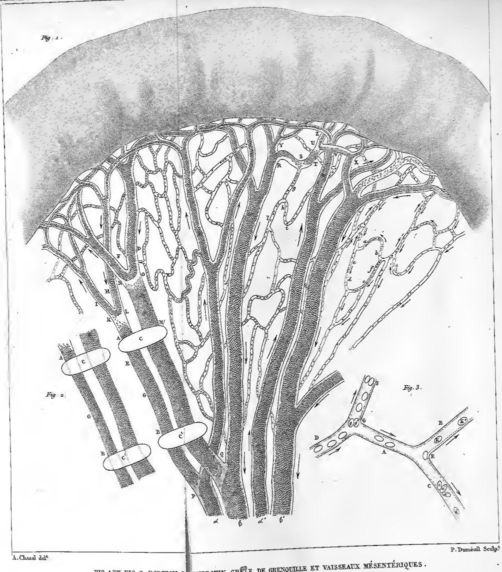
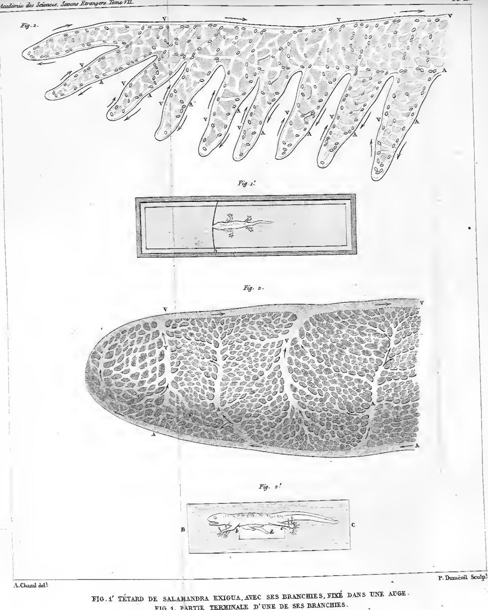
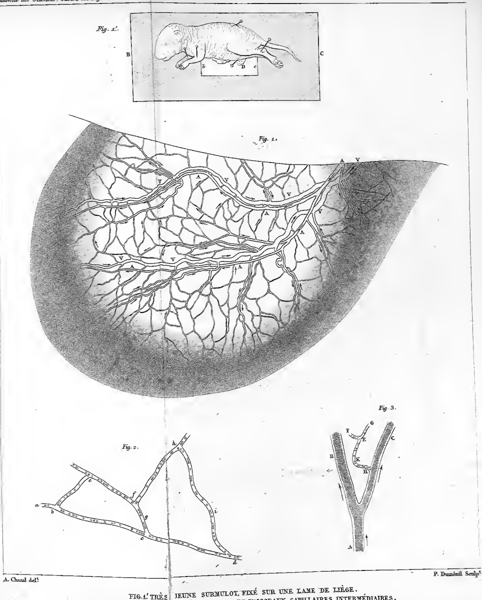


FIG. 1 ET FIG. 2. PORTION D'INTESTIN GRÊLE DE GRENOUILLE ET VAISSEAUX MÉSENTÉRIQUES.
FIG. 3. VAISSEAUX CAPILLAIRES AVEC LEURS GLOBULES.



A. Chazal del.t P. Duménil Sculp.t

FIG. 1' TÉTARD DE SALAMANDRA EXIGUA, AVEC SES BRANCHIES, FIXÉ DANS UNE AUGE.
FIG 1. PARTIE TERMINALE D'UNE DE SES BRANCHIES.
FIG. 2' TÉTARD DE SALAMANDRA CRISTATA ÉPINGLÉ SUR UNE LAME DE LIÈGE.
FIG. 2. PORTION TERMINALE DU POUMON DU TÉTARD PRÉCÉDENT.



A. Chazal del.t P. Duménil Sculp.t

FIG.1.' TRÈS JEUNE SURMULOT, FIXÉ SUR UNE LAME DE LIÈGE.
FIG.1 SA VESSIE, AVEC ARTÈRES, VEINES ET VAISSEAUX CAPILLAIRES INTERMÉDIAIRES.
FIG.2. QUELQUES CAPILLAIRES DE LA VESSIE PRÉCÉDENTE.
FIG.3. ARTÈRES ET CAPILLAIRES D'UNE JEUNE SOURIS.

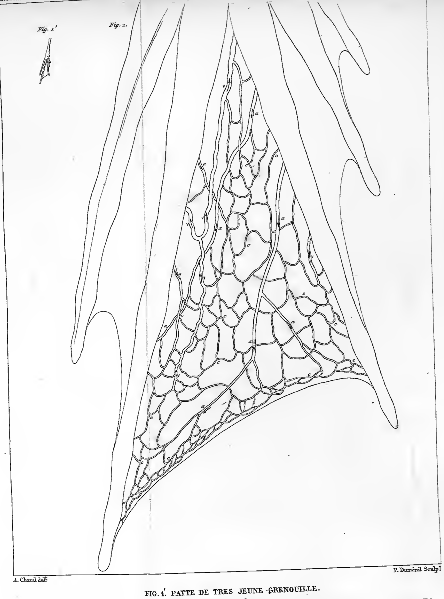


FIG. 1'. PATTE DE TRES JEUNE GRENOUILLE.

FIG. 1. PATTE PRÉCÉDENTE VUE AU MICROSCOPE. A.A.A... ARTERES; V.V.V... VEINES; C.C.C...CAPILLAIRES.

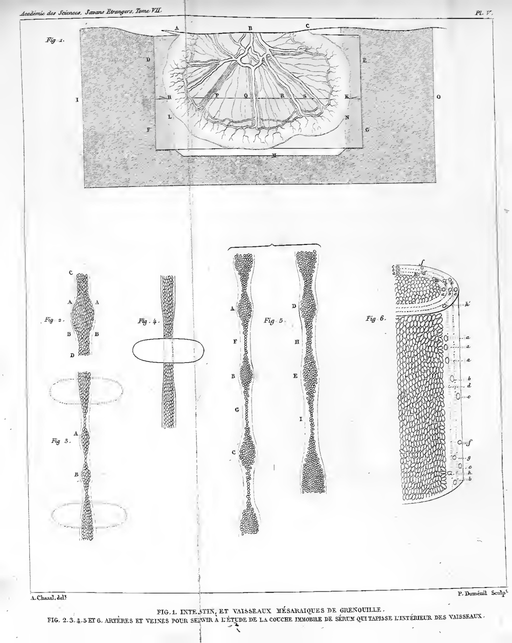


FIG. 1. INTESTIN, ET VAISSEAUX MÉSARAIQUES DE GRENOUILLE.
FIG. 2. 3. 4. 5 ET 6. ARTÈRES ET VEINES POUR SERVIR À L'ÉTUDE DE LA COUCHE IMMOBILE DE SÉRUM QUI TAPISSE L'INTÉRIEUR DES VAISSEAUX.

Fig. 11.

Fig. 10.

Fig. 6.

Coupe suivant la ligne OP.

Fig. 7.

Fig. 2.

Fig. 8.

Fig. 3.

Fig. 4.

Coupe suivant la ligne L.M.

Fig. 9.

Fig. 5.

Fig. 1.

Echelle de Vingt cinq centimètres pour mètre, pour les figures 1, 2, 3, 4 et 5.

0 1 2 3 4 5 Decimètres

Auctor del.t

P. Duménil Sculp.t

PORTE-OBJET PNEUMATIQUE.